

# Bezpečnostní aspekty spojené s masovým užíváním dronů

Bc. Adam Křapa

---

Diplomová práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adam Křapa**  
Osobní číslo: **A17262**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Bezpečnostní aspekty spojené s masovým užíváním dronů**  
Téma anglicky: **Security Aspects Associated With Mass Use of Drones**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Analyzujte právní dimenzi a normativy provozování dronů.
3. Definujte pravidla pro udělení licencí.
4. Provedte prognostickou analýzu rizik ve vztahu k rostoucímu trendu používání dronů.
5. Navrhněte specifické bezpečnostní aspekty minimalizace rizik vztahujících se k používání dronů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Drony, Karas Jakub, Tichý Tomáš, ISBN 978-80-2514-680-4.
2. BARNHART, Richard K. Introduction to unmanned aircraft systems. ISBN 978-143-9835-210.
3. AUSTIN, Reg. Unmanned aircraft systems: UAVS design, development, and deployment. Chicheste. ISBN 978-047- 0058-190.
4. SPRINGER, Paul J. Military robots and drones: a reference handbook. ISBN 978-159-8847-338.
5. BÜCHI, Roland. Fascination quadrocopter . ISBN 9783842367319.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Martin Hromada, Ph.D.**  
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2019**

Ve Zlině dne 14. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*

**Jméno, příjmení: Bc. Adam Křapa**

**Název diplomové práce: Bezpečnostní aspekty spojené s masovým užíváním dronů**

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 12.5.2019

ADAM KŘAPA V.R.  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Teoretická část diplomové práce se věnuje historii bezpilotních letounů, jejich dělení a současné legislativě související s drony. V praktické části jsou vytvořeny prognostické scénáře možných budoucností spojených s bezpečnostními riziky při používání dronů. Dále jsou analyzovány možnosti ochrany před drony. V závěru je vytvořen návrh konkrétního řešení ochrany náměstí Míru ve Zlíně proti dronům.

Klíčová slova: bezpilotní letadlo, dron, bezpečnost, prognóza, UAV, doplněk x,

## **ABSTRACT**

The theoretical part of the thesis describes the history of drones, their division and current legislation related to drones. In the practical part there are prognostic scenarios of possible future connected with security risks when using drones. Furthermore, the possibilities of protection against drones are analyzed. In the last chapter there is a proposal of a concrete solution for the protection of the náměstí Míru square in Zlín against drones.

Keywords: Unmanned Aircraft, Drone, Security, Prognosis, UAV, Legislation

Na tomto místě chci poděkovat všem, kteří přispěli ke zpracování mé diplomové práce. Především vedoucímu práce doc. Ing. Martinu Hromadovi, Ph.D. a řediteli městské policie Zlín Ing. Milanu Kladníčkovi za cenné rady, připomínky a věnovaný čas mým dotazům. Zvláštní poděkování patří také mé přítelkyni a rodině, kteří mě při psaní diplomové práce podporovali.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 HISTORIE BEZPILOTNÍCH LETOUNŮ</b> .....	<b>11</b>
1.1 BALÓNY S VÝBUŠNINAMI .....	11
1.2 PRVNÍ KVADROKOPTÉRA .....	11
1.3 PRVNÍ BEZPILOTNÍ LETOUN OVLÁDANÝ RÁDIOVĚ.....	12
1.4 ROZŠÍŘENÍ DRONŮ K VOJENSKÝM ÚČELŮM .....	13
1.5 MASOVĚ PRODÁVANÉ MODERNÍ DRONY .....	15
<b>2 ROZDĚLENÍ DRONŮ</b> .....	<b>18</b>
2.1 ROZDĚLENÍ DLE ÚČELU .....	18
2.2 ROZDĚLENÍ DLE TYPU POHONU.....	19
2.3 ROZDĚLENÍ DLE TYPU KONSTRUKCE .....	20
2.4 ROZDĚLENÍ DLE ROZMĚRŮ A HMOTNOSTI.....	21
2.5 ROZDĚLENÍ DLE VÝKONNOSTNÍCH CHARAKTERISTIK .....	21
2.5.1 Doba letu .....	22
2.5.2 Dolet.....	22
2.5.3 Maximální výška letu .....	22
2.6 LEGISLATIVNÍ DĚLENÍ DRONŮ .....	22
2.7 TECHNOLOGIE POUŽÍVANÉ V MASOVĚ PRODÁVANÝCH LEVNÝCH DRONECH.....	23
<b>3 LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ PROVOZ DRONŮ</b> .....	<b>27</b>
3.1 DOPLNĚK X – BEZPILOTNÍ SYSTÉMY .....	28
3.1.1 Profesionální piloti a hobby piloti.....	28
3.1.2 Nutné povinnosti pilota vzhledem k hmotnosti dronu .....	29
3.1.3 Vzdálenostní limity a bezpečnost v prostoru .....	29
3.1.4 Dohled pilota .....	30
3.1.5 Odpovědnost .....	30
3.1.6 Provoz bezpilotních letounů v noci.....	31
3.1.7 Provoz bezpilotních letounů s pilotem pohybujícím se v dopravním prostředku.....	31
3.1.8 Shazování nákladu .....	31
3.1.9 Ochrana soukromí .....	31
3.1.10 Použití VR brýlí pro ovládání drona .....	32
3.1.11 Oblasti se zákazem provozu bezpilotních strojů .....	32
3.1.12 Pojištění dronů .....	33
3.2 LICENCE PRO PROVOZ DRONŮ.....	34
3.2.1 Povolení k leteckým činnostem .....	34
<b>4 MNOŽSTVÍ DRONŮ V ČR</b> .....	<b>36</b>
4.1 MNOŽSTVÍ VYDANÝCH POVOLENÍ K LÉTÁNÍ A LETECKÝM PRACÍM.....	37
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>39</b>
<b>5 PROGNOTICKÁ ANALÝZA RIZIK VE VZTAHU K ROSTOUCÍMU TRENDU POUŽÍVÁNÍ DRONŮ</b> .....	<b>40</b>

5.1	ZVOLENÁ METODA .....	41
5.2	NARUŠENÍ BEZPEČNOSTI VZDUŠNÉHO PROSTORU .....	42
5.2.1	Stanovení zkoumané oblasti.....	42
5.2.2	Zaznamenané bezpečnostní události .....	42
5.2.3	Hybné síly .....	43
5.2.4	Scénář .....	44
5.3	NARUŠENÍ SOUKROMÍ OBYVATEL.....	46
5.3.1	Stanovení zkoumané oblasti.....	46
5.3.2	Zaznamenané bezpečnostní události .....	46
5.3.3	Hybné síly .....	47
5.3.4	Scénář .....	48
5.4	OHROŽENÍ ZDRAVÍ .....	49
5.4.1	Stanovení zkoumané oblasti.....	49
5.4.2	Zaznamenané bezpečnostní události .....	49
5.4.3	Hybné síly .....	51
5.4.4	Scénář .....	52
5.5	PAŠOVÁNÍ DROG, ZBRANÍ .....	53
5.5.1	Stanovení zkoumané oblasti.....	53
5.5.2	Zaznamenané bezpečnostní události .....	53
5.5.3	Hybné síly .....	54
5.5.4	Scénář .....	55
5.6	SHRnutí TECHNOLOGICKÝCH HYBNÝCH SIL .....	56
<b>6</b>	<b>NÁVRH SPECIFICKÝCH BEZPEČNOSTNÍCH ASPEKTŮ MINIMALIZACE RIZIK VZTAHUJÍCÍCH SE K UŽÍVÁNÍ DRONŮ .....</b>	<b>58</b>
6.1	ZNEŠKODNĚNÍ DRONŮ .....	58
6.1.1	Rušičky signálu .....	58
6.1.2	Elektromagnetická pulsní děla .....	61
6.1.3	Cvičení draví ptáci .....	61
6.1.4	Zbraně vystřelující sítě.....	62
6.1.5	Zneškodnění dronů pomocí dronů .....	62
6.2	ZMĚNA PRÁVNÍHO RÁMCE .....	63
6.2.1	Ve vztahu k provozovatelům .....	64
6.2.2	Ve vztahu k výrobcům .....	64
6.3	VEŘEJNÉ PROSTORY .....	65
<b>7</b>	<b>NÁVRH OCHRANY NÁMĚSTÍ MÍRU VE ZLÍNĚ.....</b>	<b>66</b>
7.1	POPIS VYBRANÝCH TECHNOLOGIÍ.....	67
7.1.1	Software .....	67
7.1.2	Hardware .....	69
7.2	NÁVRH UMÍSTĚNÍ HW PRVKŮ SYSTÉMU.....	71
7.2.1	Multi senzory .....	71
7.2.2	RF senzory .....	72
7.3	CENA SYSTÉMU .....	74
<b>8</b>	<b>MOŽNOSTI PŘENOSNÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>75</b>



8.1	POŽADAVKY NA PŘENOSNÝ SYSTÉM DETEKCE DRONŮ .....	75
8.2	NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ .....	75
8.3	PRVKY SYSTÉMU A CENA SYSTÉMU .....	76
8.4	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ PŘENOSNÉHO SYSTÉMU .....	76
<b>9</b>	<b>ETA ANALÝZA NÁVRHU FIXNÍHO SYSTÉMU PRO NÁMĚSTÍ MÍRU VE ZLÍNĚ .....</b>	<b>77</b>
9.1.1	Před zavedením systému detekce dronů .....	78
9.1.2	Po zavedení systému detekce dronů .....	80
9.1.3	Vyhodnocení .....	82
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>93</b>

## ÚVOD

Bezpečnost související s masovým užíváním dronů byla dlouho opomíjena. Největší zvrat způsobil až útok na letiště Gatwick v Londýně v prosinci roku 2018. Událost se dotkla více než sta tisíc cestujících a škoda byla vyčíslena na více než 20 milionů liber. Informovala o ní média po celém světě a rozpoutala se veřejná debata na téma bezpečnosti užívání dronů.

Cena dronů klesla na cenu běžného mobilního telefonu a mohou si ho tak dovolit koupit i lidé z nejpočetnější střední třídy. Se stoupajícím množstvím dronů, ale stoupají také bezpečnostní rizika spojená právě s masovým provozováním bezpilotních letounů.

Teoretická část práce se věnuje historii dronů od počátků až do doby, kdy se začínají bezpilotní letouny prodávat masově. Je zde stanoveno základní rozdělení dronů a detailně vysvětlena současná legislativa upravující provoz dronů v České republice. Při výkladu legislativy je kladen důraz na čitelnost, aby i úplný začátečník po přečtení diplomové práce pochopil základní pravidla, které je nutné s dronem dodržovat. Všeobecná základní znalost pravidel a legislativy je podle mého názoru nutností ke zvýšení bezpečnosti související s masovým užíváním dronů.

Jsem vlastníkem drona DJI Mavic Air a v průběhu používání drona jsem si začal uvědomovat rizika, která v souvislosti s užíváním dronů hrozí. Představil jsem si, jaké následky bude mít opravdu masové užívání bezpilotních letounů, a rozhodl jsem se diplomovou práci věnovat právě tomuto tématu.

V praktické části je proto pomocí prognostické metody tvorby scénářů na základě hybných sil nastíněn možný budoucí vývoj související s hlavními riziky spojenými s masovým užíváním dronů. Jedná se zejména o riziko narušení bezpečnosti vzdušného prostoru, narušení soukromí obyvatel, ohrožení zdraví obyvatel a pašování drog.

V rámci další kapitoly jsou analyzovány možnosti minimalizace těchto rizik. Jedná se zejména o možné metody zneškodnění dronů a návrh změny právního rámce ve vztahu k provozovatelům i výrobcům dronů.

Poslední kapitola se věnuje už konkrétnímu návrhu systému pro detekci dronů na náměstí Míru ve Zlíně. Zmíněna je i alternativa v podobě přenosného systému. Snížení bezpečnostního rizika v případě použití navrženého fixního systému detekce dronů je demonstrováno pomocí porovnání výsledků z provedených ETA analýz útoku dronem s výbušninou.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE BEZPILOTNÍCH LETOUNŮ

Názvem dron je označován jakýkoli létající prostředek, který nemá na své palubě posádku. Setkat se také můžeme s názvem bezpilotní letoun nebo se zkratkou UAV (z anglického Unnamed Aerial Vehicle). Takový letoun nemusí být ovládaný vůbec, může mít data o svém letu naprogramované nebo jej může řídit člověk na dálku. [1]

### 1.1 Balóny s výbušninami

Dle této definice sahá historie bezpilotních letounů až do roku 1849, kdy rakouští vojáci napadli město Benátky bezpilotními balónky plnými výbušnin. Některé z těchto rakouských balónků úspěšně své nepřátele ničily, ale mnoho jich také odbočilo z předpokládané trasy letu a bombardovalo vlastní rakouské linie. Po této události se od podobných pokusů upustilo. Kresba podoby bezpilotních bombardovacích balónků je znázorněna na obrázku č. 1.[2]

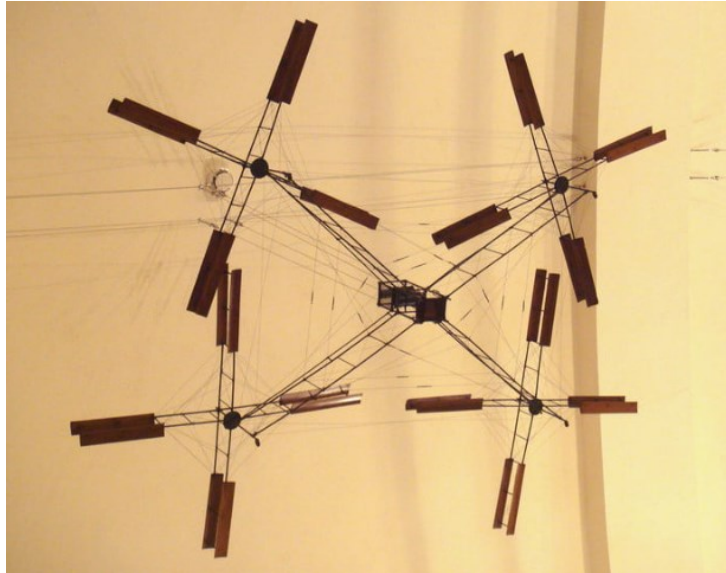


Obr. 1: Bombardovací balóny [2]

### 1.2 První kvadroptéra

První kvadroptéru na světě sestavili bratři Jaques a Louis Bréguetovi pracující s kontroverzním nositelem nobelovy ceny Charlesem Richetem v roce 1907. V té době velmi inovativní přístup, který používal čtyři vrtule, měl ale i své omezení. Letoun byl velmi nestabilní a vyžadoval čtyři silné muže, kteří letoun pomocí lan museli ze země stabilizovat. Dalším velkým omezením, které znemožňovalo jeho využívání, byla maximální výška vzletu jen

několik desítek centimetrů nad zemí. Obrovským přínosem ale zůstává inovativní přístup k nezvyklé konstrukci, která se dodnes používá i v mnoha moderních strojích. [3, 4]



Obr. 2: Model první kvadroptéry [3]

### 1.3 První bezpilotní letoun ovládaný rádiově

Bezesporu prvním rádiově ovládaným letounem se stala Queen Bee (létající královna). Se-strojena byla roku 1935 Britským královským loďstvem a sloužila výhradně jako cvičný létající cíl pro protiletadlové zbraně. Queen Bee mohla být také nasazována opakovaně a dosahovala rychlosti až 160 km/h. [5, 6]



Obr. 3: Queen Bee [7]

## 1.4 Rozšíření dronů k vojenským účelům

V 60. letech začaly drony plnit novou úlohu. Sloužily zejména k průzkumným účelům. Nasazeny byly například během války ve Vietnamu nebo v arabsko-izraelské válce v roce 1973. Ještě většího rozmachu pak bezpilotní letouny dosáhly během konfliktu Kosovu a Bosně. Drony byly vyvíjeny zejména k monitorování rizikových území a zjišťoval se pomocí nich aktuální stav na těchto územích. Bepilotní letouny takovou úlohu plnily zcela bez rizika ohrožení lidské posádky. Nahrazovaly tak pilotované průzkumné stroje. U těchto letounů bylo podstatných několik zásadních parametrů jako je výdrž ve vzduchu, možnost ovládat dron na vzdálenost tisíců kilometrů a také technika, která se na letounu nacházela. Mezi základní techniku, kterou byly letouny osazeny, patřily zejména senzory pro zachycení kvalitního obrazového materiálu ve velkém rozlišení a reálném čase. [5]

Do vývoje bezpilotních letounů se zapojil také Sovětský svaz. Koncem 50. let tak vyvinul letoun Lavočkin LA-17, poté nadzvukový Tu-123 Jastreb. Z Jastreba pak vznikalo mnoho různých vývojových linií a výsledkem jedné linie byl stroj, který byl také ve výzbroji bývalého Československa. Stroj se jmenoval Tu-143 Rejs. Největší velmocí ve vývoji bezpilotních letounů se pak stal Izrael, který jako první tyto stroje zařadil jako běžnou součást své výzbroje. Izraelské drony byly masově nasazovány v roce 1982 při operacích v Libanonu. Náskok Izraelských vývojářů potvrdil i fakt, že od Izraele nakupovaly stroje i armády států jako je USA. Spojené státy nakoupené drony úspěšně nasadili ve válce proti Iráku (1991).

Začalo vznikat mnoho soukromých firem, které se specializovaly prioritně na vývoj bezpilotních letounů. Americká společnost General Atomics vyvinula dnes už legendární dron MQ-1 Predator, který byl zpočátku využíván zejména k výzkumným účelům. Po katastrofě 11. září 2001 byl Predator modifikován na ozbrojený letoun nesoucí řízené střely Stinger a Hellfire. Stroj původně vyvíjený pro civilní účely se tak stal plnohodnotným bombardérem, určeným k likvidování vzdálených cílů bez ohrožení posádky. Jeho podoba je zobrazena na následující fotografii. [5, 8]



Obr. 4: Predator [9]

Drony určené k vojenským účelům se dále začaly více modifikovat a upravovat. Masově se používaly k vojenským operacím na blízkém východě. V České republice se vývojem zabýval zejména Vojenský technický ústav letectva a protivzdušné obrany v Praze. Nejpopulárnějším strojem pocházejícím z České Republiky je Sojka III. Dnes je k vidění pouze v Kbelském muzeu. Vyřazena z provozu byla v roce 2010. Hlavním určením bylo monitorování území a plošný průzkum. Dalším vývojovým stupněm ve vývoji dronů se pak staly tzv. nano drony. Jedná se o letouny s miniaturními rozměry, které je možné nasadit k mapování interiérových prostor s nulovým rizikem pro lidi. Kromě vojáků slouží také zásahovým jednotkám po celém světě. Velikost nanodrona je demonstrována na následujícím obrázku.[10, 11]



Obr. 5: Vojenský nano dron [12]

## 1.5 Masově prodávané moderní drony

K hromadnému rozšíření dronů přispěl nejvíce dron od Francouzské společnosti Parrot. Ta v roce 2010 na mezinárodním veletrhu CES v Las Vegas představila letoun, který je možné ovládat prostřednictvím Wi-Fi z chytrého telefonu. Těchto dronů bylo prodáno více než půl milionu kusů a díky tomu se na drony tohoto typu upřela velká pozornost.

Dron dosahoval doletu až 50m a doba letu byla 10-15 minut. Byl osazen kamerou s rozlišením 1280x720 pixelů. Na obrázku č. 6 lze vidět i jeho neotřelý design.[13, 14]



Obr. 6: Dron Parrot [15]

K dalšímu zpopularizování přispěla Americká společnost Amazon vlastněná Jeffem Bezosem. Ten lidem přislíbil doručování zásilek pomocí dronů, které mělo být podle jeho slov mnohem rychlejší a levnější. „I know this looks like science fiction. It’s not.“ Tahle věta Bezose předpovídající použití dronů k doručování zásilek proběha médií po celém světě a rozpoutala velkou debatu, která se týkala také bezpečnosti těchto letounů. [16]





Obr. 7: Dron nesoucí zásilku [16]

K masovému užívání dronů ale nejvíce přispěla Čínská společnost DJI. Jedná se o startup, který byl založen v roce 2006 Frankem Wangem, studentem z Honkongské univerzity vědy a techniky. Po několika letech vývoje v roce 2013 přinesla společnost DJI na trh první masově prodávaný dron DJI Phantom. Po jeho obrovském úspěchu byly vydány modely DJI Mavic PRO a Mavic Air.



Obr. 8: Dron DJI Phantom [17]

Čínská společnost díky masové výrobě dokázala drony velmi zlevnit a jejich špičková technika byla tak dostupná téměř všem a nic tak nebránilo jejich rozšíření po celém světě. [18]

Dnes jsou drony od Čínské společnosti DJI nejprodávanější mezi amatéry a jejich popularita stále roste. Lze tedy očekávat, že se bude dronů ve vzdušném prostoru nacházet rok od roku více.

S rostoucím počtem dronů však budou vyvstávat různé bezpečnostní otázky, kterým je věnována praktická část diplomové práce.

## 2 ROZDĚLENÍ DRONŮ

Pojem bezpilotní letadlo zahrnuje široké spektrum strojů. Proto je nutné bezpilotní letouny kategorizovat, čímž se umožňuje specifitější pohled na každý z nich. Odborníci na problematiku stroje rozdělují do mnoha různých kategorií.

Nejčastěji podle:

- Účelu,
- Typu pohonu,
- Typu konstrukce,
- Rozměrů a hmotnosti,
- Výkonnostních charakteristik.

### 2.1 Rozdělení dle účelu

Účel, ke kterému dron slouží, je základní charakteristika od které se odvíjí ostatní parametry drona.

Existují drony pro:

- Vojenské účely,
- Komerční účely,
- Nekomerční účely,
- Osobní účely.

**Drony pro vojenské účely** jsou vyvíjeny dlouhé roky a jejich vývoj je nákladný. Velký důraz se klade na maximální dobu letu a vzdálenost, na kterou lze dron ovládat. Osazeny jsou snímací technikou pro průzkum území nebo také zbraněmi. Vojenské bezpilotní letouny musí být spolehlivé, protože je na nich často založena navigace pozemních jednotek a jejich selhání by tak mohlo ohrozit lidské životy. Na druhou stranu ke většímu ohrožení lidských životů by docházelo, pokud by průzkumné práce prováděly pilotované lety. Dalo by se tedy říct, že výsledkem nasazení nepilotovaných letounů je kromě snížení ekonomické náročnosti také snížení rizika pro posádku na nulu. Jejich cena se pohybuje v řádů jednotek až stovek milionů korun. [19]

**Drony pro komerční účely** už nejsou tak drahé a mohou si je dovolit také nejrůznější společnosti z mnoha odvětví. Nejčastěji je ale využívají filmaři, kterým tyto stroje poskytují absolutní svobodu v prostoru při natáčení filmů nebo reklamních spotů. Tzv. pohled z ptáčích

perspektivy je základním přínosem, který je pro filmaře důležitý. Velmi oblíbenými se bezpilotní stroje staly také u společností vytvářejících mapové podklady. Zemědělci drony používají k monitorování růstu své úrody.

**Drony pro nekomerční účely** slouží zejména složkám IZS. Jedná se často o stroje osazené snímací technikou pro hledání ztracených osob, sledování podezřelých osob a mapování těžce přístupného terénu. Při přírodních katastrofách typu rozsáhlý lesní požár nebo povodeň, jsou schopny okamžitého nasazení a monitorování za řádově nižší náklady, než při nasazení pilotovaného vrtulníku. Mimo složky IZS mohou drony pro nekomerční účely posloužit také například při monitorování a zabezpečování kritické infrastruktury státu. [20]

**Drony pro osobní účely** majitelé používají k zábavě, závodním soutěžím nebo pořizování videí a fotografií z dovolených. Speciálním typem osobního drona je tzv. „selfie dron“. Jedná se o malé stroje s hmotností nepřesahující 1kg, osazené kvalitní kamerou, doletem jen několik kilometrů a možností stroj ovládat pomocí chytrého telefonu. Dolet i doba letu (několik desítek minut) je nízká, každopádně pro rychlé vytvoření fotografií z dovolené plně dostačující. Vzhledem k nízké ceně takových dronů (několik tisíc až desítek tisíc korun) se jejich prodej prudce zvyšuje. Velké množství dronů právě této kategorie, kteří budou každodenně svými uživateli používány, bude zdrojem bezpečnostních problémů různých druhů.

## 2.2 Rozdělení dle typu pohonu

Typ pohonu je základním parametrem ovlivňujícím dobu letu a cenu spolu s náklady potřebnými pro provoz drona. Různé účely použití drona vyžadují různé typy pohonů.

Jedná se o pohony s:

- Elektrickým motorem,
- Spalovacím motorem.

**Drony s elektrickým pohonem** je v podstatě bezúdržbový stroj. Jeho provoz je levný a velmi tichý. Elektrický pohon se vyskytuje zejména u dronů pro osobní účely. Zde je hlavním důvodem cena, která je u takového technického řešení nízká. Stroje osazené elektrickým pohonem dosahují velkých výkonů ale doba letu je velmi krátká (několik minut až desítek minut).

**Drony se spalovacím motorem** pak mohou zůstat ve vzduchu i hodiny. Jejich údržbu ale musí provádět zkušený technik a je pro provozovatele drona finančně náročnější. Některé úkony prováděné s dronem však vyžadují dlouhou dobu letu. Jedná se například o pátrací či

záchranné akce, kde není možné neustále přistávat a měnit baterie. Zde se drony se spalovacím motorem používají nejčastěji. Jejich další nevýhodou je ale nadměrná hlučnost spalovacího motoru a vyšší cena.

### 2.3 Rozdělení dle typu konstrukce

Typ konstrukce dronu udává mnoho jedinečných parametrů, jako jsou rychlost, dolet nebo manévrovatelnost.

Základní konstrukční dělení drony klasifikuje na:

- Letouny (křídla),
- Multikoptéry,
- Jednorotorové stroje.

**Letouny** jsou obdobou klasických letadel s křídly. Mají dlouhý dolet i maximální rychlost, používají se tak například k mapování území a pátrací akce. Nevýhodou je nutnost vzletové a přistávací plochy. Další nevýhodou je také nemožnost letět tzv. „na místě“ s nulovou rychlostí a pouze se vznášet v jednom bodě.



Obr. 9: Dron s konstrukcí letounu [21]

**Multikoptéry** zmíněný režim letu na místě podporují a jsou vhodné spíše pro focení fotografií a natáčení filmů. Multikoptéry mají více vrtulí umístěných vodorovně podobně jako vrtulník. Více vrtulí umožňuje lepší stabilizaci letu a s kombinací s vyspělými automatickými režimy letu jsou skvělé pro začátečníky a nezkušené letce. Multikoptéry by se daly také dělit dle počtu rotorů, nejčastěji se pak používají:

- Kvadroptéry (4 rotory),
- Hexakoptéry (6 rotorů),
- Oktokoptéry (8 rotorů).



Obr. 10: Oktokoptéra [22]

## 2.4 Rozdělení dle rozměrů a hmotnosti

Drony mohou být velké jako klasická letadla a vážit několik tun, zároveň mohou mít miniaturní rozměry a vážit jen pár desítek gramů. Je to dáno širokým pojmem slova dron, tím se rozumí jakýkoliv létající stroj, který nemá posádku.

Drony dělíme na:

- Nano (desítky gramů, centimetry),
- Mikro (kilogramy, desítky centimetrů),
- Lehké (desítky kilogramů, desítky až stovky centimetrů),
- Střední (desítky až stovky kilogramů, metry),
- Těžké (stovky kilogramů, metry),
- Super těžké (tuny, desítky metrů). [23]

## 2.5 Rozdělení dle výkonnostních charakteristik

Drony lze také dělit dle výkonnostních charakteristik. Masově používané levné stroje pak zařazujeme většinou do nižších kategorií (nízká doba letu, malý dolet, nízká výška letu atd.),

jelikož pro účely, pro které jsou určeny, postačují slabé výkonnostní charakteristiky. Zmíněný fakt má pak za následek výrazně nižší ceny, které běžní amatérští zákazníci upřednostňují před výkonnostními charakteristikami.

### 2.5.1 Doba letu

- Nízká (méně než 5 hodin),
- Střední (5-24 hodin),
- Vysoká (více jak 24hodin). [23]

### 2.5.2 Dolet

- Malý (menší než 100 km),
- Střední (100 - 400 km),
- Střední až velký (400 – 1 500 km),
- Velký (větší než 1 500 km). [23]

### 2.5.3 Maximální výška letu

Nízká (menší než 1km),

Střední (1 – 10km),

Vysoká (větší než 10 km). [23]

## 2.6 Legislativní dělení dronů

V leteckém předpisu L 2 o pravidlech létání se nachází doplněk X, v kterém je uvedeno následující rozdělení dle maximální vzletové hmotnosti, dle účelu použití a dle způsobu provozování.

Stroje s různou hmotností, účelem použití atd. pak podléhají jiným různým právním úpravám (v rámci Doplněku x).

#### Dle vzletové hmotnosti:

- $\leq 0,91$  kg,
- 0,92kg – 6,9kg,
- 7kg – 19,9kg,
- $> 20$  kg. [24]

**Dle účelu použití:**

- Rekreační, sportovní,
- Výdělečné, experimentální výzkumné,
- Bezpilotní letadlo provozované mimo dohled pilota. [24]

**Podle způsobu provozování:**

- V dohledu pilota,
- Mimo dohled pilota. [24]

## 2.7 Technologie používané v masově prodávaných levných dronech

Masově používané levné drony, kterými se bude nejvíce zabývat praktická část diplomové práce, lze také dělit dle používaných technologií. Základní a nejčastěji využívané technologie budou představeny v následující části.

### Drony s kamerou

V dnešní době kamerou disponují v drtivé většině všechny prodávané drony. Cena kamerou osazených dronů je velmi nízká díky levným, lehkým a odolným snímačům podobným těm, které se nacházejí v akčních kamerách. Právě osazení dronů kamerou bylo prvním krokem k výrobě masově prodávaných „selfie dronů“.

### Drony s FPV

FPV - first person view (v překladu pohled z první osoby) technologie umožňuje sledování aktuálních online záběrů z kamery letícího drona na displeji vysílače nebo v chytrém telefonu. Do telefonu stačí zdarma stáhnout a nainstalovat danou aplikaci. Používání technologie FPV také přispělo k masovému prodeji levných dronů. Uživatel totiž přesně vidí kompozici, kterou fotí nebo kameruje. Názorně to lze pozorovat na následujícím obrázku s dronem GordVE RC. Na ovladači drona se nachází držák na mobilní telefon spolu s konektorem zajišťujícím spojení mezi telefonem a ovladačem pro přenos obrazu a rychlou odezvu.





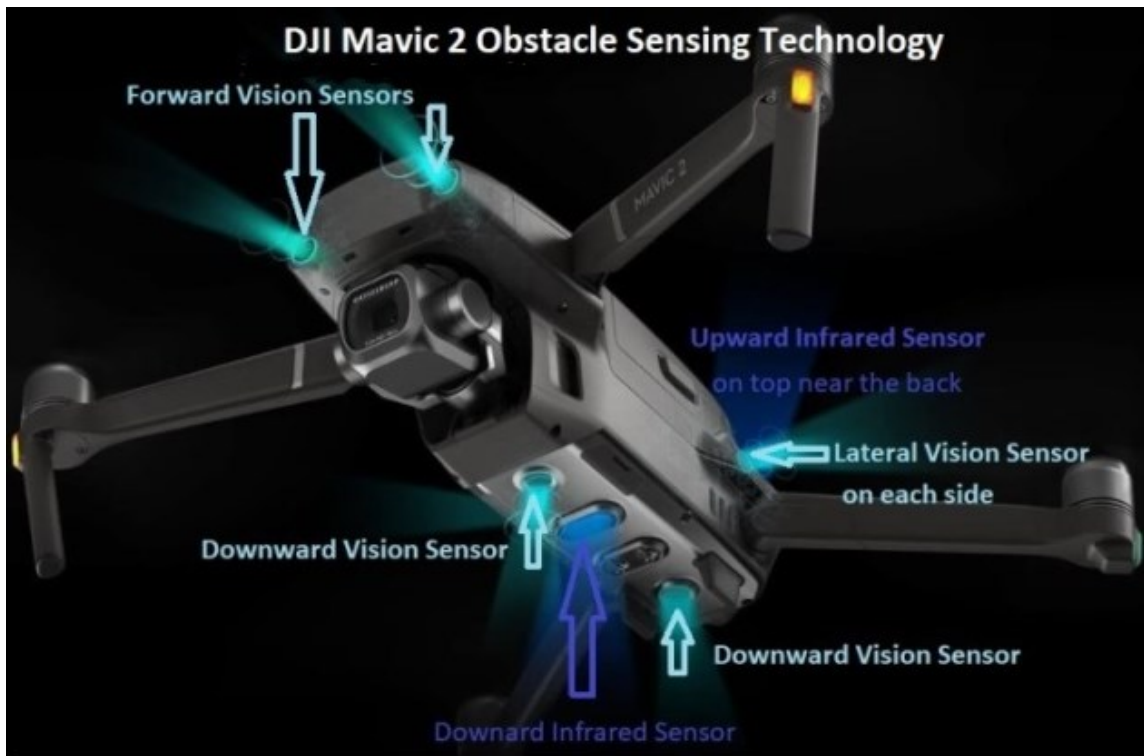
Obr. 11: Dron s technologií FPV [25]

### **Drony s GPS**

Drony využívající pro svou navigaci technologii GPS nebo GLONAS mohou obsahovat speciální návratové autopiloty. Ti při ztrátě signálu, vybité baterii nebo jakékoli jiné poruše zajistí bezpečný návrat a přistání na místo vzletu.

### **Drony se senzory pro detekci překážek**

Bezpečnému automatickému návratu na místo vzletu také napomáhají senzory schopné detekovat překážky. Některé stroje disponují pokročilou technologií autopilota a dokážou tak překážky i obletět a pokračovat v letu. Senzory napomáhají zlepšovat bezpečnost letu nejen při různých automatických režimech, kdy dron není v reálném čase ovládán člověkem, ale i při řízeném letu, v ten moment napomáhá minimalizovat lidské chyby. Na trhu se nachází mnoho dronů používající senzory. Nové modely dokonce přišly s řešením, kdy je kontrolován i prostor nad dronem. Toto řešení je technologicky velmi složité, jelikož se nad dronem nachází rotory. Umožňuje však kontrolu kompletního prostoru kolem drona. Na obrázku číslo 26 je sensorové uspořádání, které používá společnost DJI pro své drony DJI Mavic 2 Pro a Zoom.



Obr. 12: Rozmístění senzorů [26]

### Drony ovládané pomocí VR brýlí

Lze předpokládat i rozšíření ovládání dronů pomocí VR brýlí. Společnost DJI už dnes prodává stroje, které tuto technologii umožňují. Avšak právní rámec není na podobné technologie připraven a používání VR brýlí pro ovládání bezpilotních letounů je zakázané. Vyplývá to z doplňku x, kde je jasně napsáno, že dron musí být v neustálém vizuálním dohledu pilota. Pokud si tedy pilot nasadí VR brýle, tak drona nevidí a pozoruje jen přenos obrazu z drona. Na následujícím obrázku je tedy vidět ovládání drona prostřednictvím VR brýlí. Tak jak je obrázek představován, ale není povoleno v ČR drona ovládat. Správně by drona měl ovládat pilot s dohledem na dron a VR brýle si může nasadit druhá osoba. Jedná se o dron společnosti Ghost drone. Cena včetně VR brýlí je kolem 4 tisíc Kč.



Obr. 13: Ovládání drona pomocí VR brýlí [27]

Některé ze zmíněných technologií rozhodně přispívají ke zvýšení bezpečnosti používání dronů. Například senzory překážek ve spolupráci s vyspělým systémem řízení letu jsou schopny drona zastavit před srážkou s lidmi. Naopak některé technologie nabádají piloty k nebezpečnějšímu užívání dronů. Zmínit mohou například ovládání drona pomocí VR brýlí. Pilot drona ovládaného pomocí VR brýlí totiž nemá absolutní přehled o dění ve vzdušném prostoru kolem sebe a musí se spokojit pouze se záběrem z kamery. Zejména pak nemá možnost kontroly situace nad dronem a stoupaní do výšky se tak stává nebezpečným.

### 3 LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ PROVOZ DRONŮ

Letectví je velmi komplexní obor vztahující se na mnoho složitých legislativních, technických, personálních a manažerských odvětví. K regulaci je nutné sofistikovaného systému provozních postupů, zákonů a k nim náležitých předpisů. Letectví se neprovozuje pouze na území jednoho státu a tak je nutné, aby bylo součástí mezinárodního práva. Dodržováním mezinárodních práv v letectví je možné docílit maximálně bezpečného a efektivního provozu. Mnoho předpisů vniklo na základě katastrof, u kterých byl ztracen nejméně lidský život. Každý uživatel vzdušného prostoru, uživatelů dronů nevyjímaje, musí mimo jiné obecně platné právní předpisy dodržovat také pravidla stanovená v úmluvě Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) zahrnující jejich přílohy, ze kterých jsou pak odvozeny předpisy v jednotlivých státech.

S masově se vyvíjejícím technologickým směrem bezpilotních letounů vzrostl také počet uživatelů a samotných strojů ve vzdušném prostoru. Bylo tedy nutné vytvořit náležitou zákonnou úpravu. Vzhledem k tomu, že si dnes už může dron dovolit kdokoli, stoupá počet uživatelů, kteří nemají absolutně žádné tušení o leteckých pravidlech pohybu ve vzdušném prostoru.

Zásadním důvodem zvyšujícím riziko neregulovaného pohybu bezpilotních letounů je, že pilot nesedí v kokpitu a má pocit, že není součástí vzdušného prostoru a nemusí tak dodržovat stanovená pravidla. Necítí se ohrožen a neuvědomuje si, že může ohrožovat ostatní účastníky provozu ve vzdušném prostoru.

Níže jsou uvedeny veškeré legislativní dokumenty vztahující se k provozu bezpilotních strojů. V dalších kapitolách budou tyto dokumenty detailněji rozebrány, analyzovány a poté čtivou formou vysvětleny tak, aby i naprostý začátečník všechny pravidla vztahující se k provozu dronů pochopil a počínal si dle pravidel a bezpečně.

Mezinárodní provoz bezpilotních strojů upravuje **dodatek 4** – Systémy dálkově řízeného letadla Předpisu L 2 – Pravidla létání. [28]

V České republice upravuje provoz bezpilotních letadel zejména **Doplňek X** – Bepilotní systémy. Oba výše zmíněné dokumenty jsou součástí Předpisu L 2 – Pravidla létání. [28]

**Zákon o civilním letectví** (č. 49/1997 sb.) ve znění pozdějších předpisů a dále provádějící vyhlášky k tomuto zákonu (č. 108/1997 sb.) udává výše zmíněné dokumenty v platnost. [28]

Z § 52 leteckého zákona pak vyplývají podmínky provozu těchto strojů a také je zde popsána nutnost získat povolení k létání s bezpilotním letadlem. [28]

### 3.1 Doplněk X – Bepilotní systémy

Doplněk X je základní dokument upravující provoz bezpilotních letounů. Je součástí Předpisu L 2 – Pravidla létání. Vydalo ho Ministerstvo dopravy České republiky prostřednictvím Letecké informační služby (LIS). [28]

Vzhledem k tomu, že jsou pravidla pro létání s bezpilotními stroji v Doplněku X formulována velmi složitě, nepřehledně a nesystematicky, bude problematika v následujících podkapitolách shrnuta a představena ve čtivé formě. Účelem zvolení takové formy prezentování legislativy je přiblížení problematiky běžným amatérským pilotům, kteří ve skutečnosti v České republice provozují mnohem více dronů, než zkušení profesionálové s pilotní zkouškou. [28][24]

#### 3.1.1 Profesionální piloti a hobby piloti

ÚCL (Úřad pro civilní letectví) rozlišuje mezi uživateli bezpilotních letadel na základě účelu užívání. Lítá-li pilot s bezpilotním letounem **rekreačně**, patří do skupiny takzvaných hobby pilotů. Pro hobby piloty jsou pravidla mnohem mírnější. Záleží však i na tom, zda je pilotovaný stroj těžší než 0,91 kg. Pokud ano, musí být vybaven systémem pro bezpečné nouzové přistání, který se musí aktivovat při každé závadě na stroji (ztráta signálu, vybití baterie atd.). Bepilotní letouny s váhou do 0,91 kg systémem pro bezpečné nouzové přistání disponovat nemusejí. Kromě zmíněného systému pro bezpečné nouzové přistání musí být bezpilotní letouny s váhou nad 0,91 kg označeny štítkem, kde je uvedeno ID (identifikační číslo) stroje. [24]

Používá-li pilot bezpilotní stroj osazený kamerou **ke komerčním účelům**, je nutné absolvovat teoretickou i praktickou pilotní zkoušku a provést zaevidování pilota i stroje na ÚCL. Po splnění zmíněných povinností pilot získá povolení k létání. To však ještě neznamená, že může s dronem létat. Pilot musí totiž nejdříve zažádat o povolení k provádění leteckých prací. Další povinností profesionálních pilotů dronů je vést pilotní deník. Profesionální piloti jsou povinni hlásit majitelům pozemků a dalším zúčastněným fyzickým i právnickým osobám všechny události spojené s provozem dronu a následně skutečnosti uvést v reportech. [24]

Hobby piloti řídící drony s hmotností nad 25 kg jsou také povinni vlastnit pilotní licenci a před každým letem vyřizovat povolení k létání.

### 3.1.2 Nutné povinnosti pilota vzhledem k hmotnosti dronu

Pravidla pro provoz dronů rozdělují bezpilotní letouny na čtyři hmotnostní kategorie. První z nich je nejbenevolentnější. Jedná se o kategorii dronů **do hmotnosti 0,91 kg**. Pokud pilot takového drona využívá k rekreačním, sportovním nebo hobby účelům, není třeba evidovat pilota na ÚCL. [24]

Pro hobby piloty **dronů s hmotností nad 0,91 kg i nad 7kg** platí stejná výše popsaná pravidla. Musí ale navíc zajistit správnou funkčnost již zmíněného systému bezpečného nouzového přistání. [24]

V případě řízení bezpilotního letounu **s hmotností nad 25 kg** ale už musí mít pilot absolvované pilotní zkoušky a musí být evidován na ÚCL. Nezáleží pak už na tom, jestli se jedná o hobby pilota nebo profesionála a v téhle kategorii musí podmínky splnit všichni. [24]

### 3.1.3 Vzdálenostní limity a bezpečnost v prostoru

Při provozování bezpilotních letounů je nutné dbát na bezpečné vzdálenosti od budov, lidí a ostatních překážek. V Doplnku X je velmi složitě popsán celý mechanismus pohybu bezpilotních letounů v prostoru, který jsou piloti povinni dodržovat. V následující části práce bude tato problematika vysvětlena čtivou formou tak, aby byla srozumitelná pro každého začínajícího pilota. [24]

Minimální vzdálenosti, které jsou níže uvedeny, se netýkají pilota ani osob, které jsou spolu s pilotem přímými účastníky letu drona. Tím se v praxi stávají poučené osoby o průběhu letu. [24]

Všichni piloti dronů **do hmotnosti 7 kg** se musí řídit pravidlem **10-30-50**. To znamená, že se piloti při vzletu nebo přistání nemohou s dronem horizontálně přiblížit k osobám na vzdálenost 10 m a nižší, v průběhu letu se pak nemohou horizontálně přiblížit k osobám a budovám na vzdálenost 30 m a nižší a k hustě osídleným prostorům se nemohou horizontálně přiblížit na vzdálenost 50 m a nižší. (definice hustě osídleného prostoru se v Doplnku X neuvádí). [24]

Podobné podmínky platí i pro drony s hmotností **7 – 25 kg**. Zde se však uplatňuje pravidlo **50-100-150**. Všichni piloti se tedy při vzletu nebo přistání nemohou s dronem horizontálně

přiblížit k osobám na vzdálenost 50 m a nižší, v průběhu letu se pak nemohou horizontálně přiblížit k osobám a budovám na vzdálenost 100 m a nižší a k hustě osídleným prostorům se nemohou horizontálně přiblížit na vzdálenost 150 m a nižší. [24]

Pro piloty dronů s **hmotností nad 25 kg** platí stejná pravidla, jako ta popsaná v předchozím odstavci s tím, že je třeba další poučené osoby, která bude provádět dozor v prostoru letu. [24]

Ve vzdušném prostoru třídy G (vzdušný prostor, kde je létání s bezpilotními prostředky nejméně omezeno), pilot smí s dronem létat **pouze vně oblaků**. Už z podstaty věci by při průletu oblačností ztratil pilot nad dronem vizuální kontakt, který je povinné dodržovat. V CTR (řízení okrsku letiště) i na území ATZ (letiště s neřízeným provozem) je povinnost dodržovat vzdálenost od oblaků minimálně 1 500 m horizontálně a 300 m vertikálně. [24]

### 3.1.4 Dohled pilota

Bezpilotní letadlo musí být provozováno v přímém bezprostředním dohledu pilota. Pilot musí během letu udržovat stálý a nepřerušovaný vizuální kontakt s bezpilotním strojem a to bez použití vizuálních pomůcek mimo brýle a kontaktní čočky, které mu byly předepsány lékařem. Pilot má také povinnost sledovat a vyhodnocovat míru dohlednosti, všechny překážky a také ostatní letový provoz, který ve vzdušném prostoru probíhá. Úkony zmíněné v předešlé větě může pilot svěřit i poučené osobě. [24]

To znamená, že systém FPV představený v teoretické části nemůže být použit pro ovládání drona ve vzdálenosti, kdy pilot drona nevidí, nebo se dron nachází za překážkou. [24]

### 3.1.5 Odpovědnost

Za bezpečné provedení přípravy na let, kontroly stroje a samotného letu je odpovědná osoba řídící bezpilotní letoun. A to bez ohledu na různé systémy automatizace řízení stroje. Pokud bezpilotní dron není dálkově řízený pilotem, tak za jeho automatický let zodpovídá osoba, která dron vypustila (dále už jen pilot). [24]

Pilot také zodpovídá, že bude dron používán pouze k účelům na které byl navržen nebo k účelům, které schválil Úřad pro civilní letectví (dále už jen ÚCL). Pilot také zodpovídá za technický stav a předletovou kontrolu. [24]

### 3.1.6 Provoz bezpilotních letounů v noci

V České republice platí celoplošný **zákaz provozování bezpilotních letounů v noci**. Jedinou výjimku tvoří dostatečně osvětlené letištní plochy (v Doplnku X se ale nenachází definice dostatečně osvětlené letištní plochy). [24]

### 3.1.7 Provoz bezpilotních letounů s pilotem pohybujícím se v dopravním prostředku

**Pilot nesmí současně řídit bezpilotní stroj a zároveň se pohybovat pomocí technického prostředku.** V praxi to znamená, že při řízení drona nesmí pilot sedět v jedoucím autě, na motorce, plout na lodi atd. [24]

### 3.1.8 Shazování nákladu

V Doplnku X je vyjádřen výslovný **zákaz shazování jakýchkoli předmětů** v průběhu letu bezpilotního stroje. Výjimku tvoří pouze veřejná vystoupení, kde musí pilot přijmout přiměřená opatření kde snížení rizika (co představuje přiměřené opatření, není v dokumentu uvedeno). [24]

### 3.1.9 Ochrana soukromí

Pokud je dron vybaven kamerou se záznamem, musí se pilot při jeho používání řídit **Stanoviskem Č. 01/2013**, které vydal Úřad na ochranu osobních údajů. Toto stanovisko s názvem „Zpracování osobních údajů prostřednictvím záznamu z kamer, kterými jsou vybavena bezpilotní letadla“ udává, kdy se jednání pilota řídí Zákonem o ochraně osobních údajů (č.101/2000 Sb.) a kdy ne. Zkráceně lze říci, že pokud dron průběh letu nezaznamenává do paměťového zařízení, nejedná se o činnost spadající pod Zákon o ochraně osobních údajů. To platí i pro FPV systémy, které pouze obraz přenášejí a nikoliv nahrávají. Zákon o ochraně osobních údajů nebude také aplikovatelný v případě, že je záznam z drona tvořen za účelem zaznamenávání krajiny nebo zvíře. Pro činnosti za účelem rozpoznání osob se naopak pilot Zákonem o ochraně osobních údajů řídit musí. Pilot musí po každém letu záznam prověřit, zda se v záznamu nenacházejí osoby, jež by bylo možné identifikovat. Pokud ano, má možnost záznam bezprostředně po zjištění popsanych skutečností zlikvidovat. [24, 29]

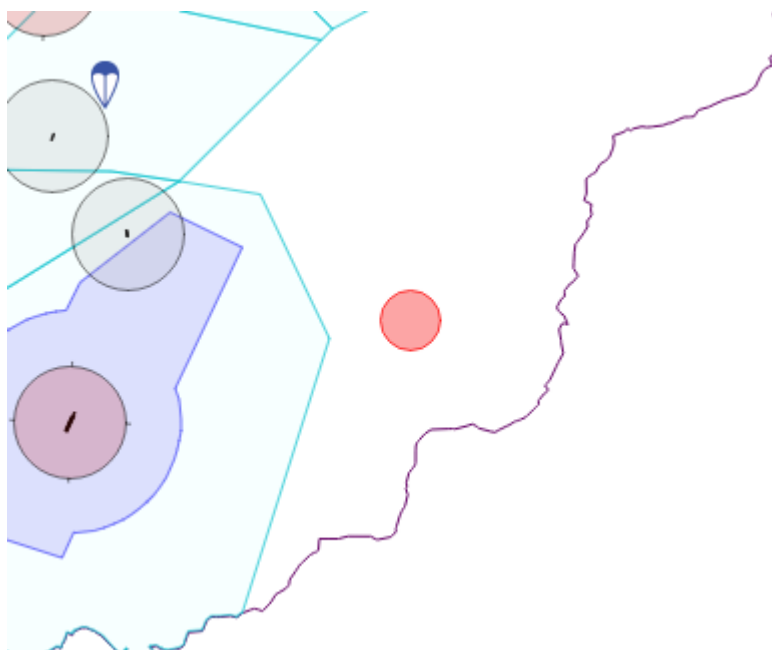


### 3.1.10 Použití VR brýlí pro ovládání drona

V Doplnku X je uvedeno, že pilot musí udržovat neustálý vizuální kontakt nad ovládaným strojem. VR brýle stejně jako FPV technologii tedy dle dokumentu používat nesmí. Každopádně i tak si lze vychutnat plný zážitek letu drona přes VR brýle. Stačí jen aby drona ovládal pilot, který má nad dronem vizuální kontakt a VR brýle si nasadila jiná osoba. [24]

### 3.1.11 Oblasti se zákazem provozu bezpilotních strojů

Zóny kolem skladišť výbušnin, jaderných elektráren, muničních skladů atd. jsou oficiálně označovány výrazem **Zakázaný prostor**. V těchto zónách je absolutní zákaz létání s bezpilotními letouny. Na dvou následujících obrázcích je zobrazen příklad Muničního skladu ve Vrběticích. [24]



Obr. 14: Zóny s omezením [30]

Muniční sklad Vrbětice se nachází v místě označeném červeným kruhem uprostřed obrázku.



Obr. 15: Screenshot detailu oblasti Vrbětic [30]

Ze screenshotu je patrné, že je každá oblast jednoznačně identifikována svým kódem a názvem.

V zóně označené jako **Nebezpečný prostor** létání s donem povoleno je. Mohou však při letu vznikat bezpečnostní rizika způsobená různými aktivitami v dané oblasti. [24]

Provoz bezpilotních letounů je zakázán také v **ochranných pásmech**, nacházejících se např. podél telekomunikačních a nadzemních sítí, silnic, dálnic, v okolí kritické infrastruktury státu, zdrojů pitné vody, národních parků a CHKO oblastí. [24]

Prostory používané k vojenským cvičením se označují jako **TSA** (Dočasně vyhrazený prostor) nebo **TRA** (Dočasně rezervovaný prostor) a let dronů je zde zakázán pouze ve vyhrazených hodinách nebo dnech, kdy zde dochází k využívání prostoru k vojenským účelům. [24]

V okolí letišť existují zóny **CTR** (řízený okřesek letiště) a **ATZ** (letištní provozní zóna neřízeného letiště). Oba prostory jsou tvořeny kružnicí s poloměrem 5 500m se středem ve vztaženém bodě letiště. Dle zákona je povoleno v CTR a ATZ zónách létat s bezpilotním letounem o hmotnosti maximálně 0,91 kg. Maximální výška drona od země však nesmí přesáhnout 100 m. Zároveň nesmí bezpilotní prostředek zasáhnout do **ochranného pásma letiště**. Ochranná pásma letišť však nejsou zveřejňována a pilot, který se chystá létat v bezprostřední blízkosti letišť tak musí nejdříve kontaktovat ÚCL. Ten informace o ochranných pásmech pilotovi vydá. [24]

Profesionální piloti, kteří drony používají ke komerčním účelům a vlastní příslušné certifikace, mohou žádat o povolení k letu v jakékoli oblasti. ÚCL jim pak může a nemusí povolení k letu vydat. [24]

### 3.1.12 Pojištění dronů

Povinné ručení se vztahuje pouze na drony, které jsou užívány ke komerčním účelům. Funkce je podobná jako u povinného ručení vozidel. Pokud je při provozování dronu způsobena škoda třetí osobě, je prostřednictvím povinného ručení zaručeno uhrazení škody. S komerčními bezpilotními drony je možné za určitých podmínek a s povolením od ÚCL létat např. nad obydlenými oblastmi a tak v případě pádu drona hrozí vysoké riziko poškození cizího majetku nebo zdraví osob. [24]

## 3.2 Licence pro provoz dronů

Pod pojmem získání licence pro provoz dronů se rozumí ověření letových vlastností bezpilotního letadla a ověření teoretických znalostí a praktických dovedností pilota. Takové ověření provádí ÚCL. [24]

Tímhle procesem musí projít pilot používající dron nejen pro komerční využití, ale i pro využití jakéhokoliv účelu jiného než „rekreační létání“ a dokonce i „rekreačního létání“ samotného, pokud se jedná o provoz bezpilotních letadel nad rámec standardních provozních omezení popsanych v kapitolách výše (např. pro umožnění rekreačního létání ve zvláště chráněných oblastech nebo hustě osídleném prostoru) nebo o provoz modelů letadel nad 25 kg maximální vzletové hmotnosti. [24]

Úřad pro civilní letectví ověřuje letové vlastnosti každého jednotlivého letadla a **praktické dovednosti každého pilota**, a to aplikací scénáře provedení letu, resp. série letů, odpovídajícího konkrétnímu bezpilotnímu systému. Scénáře se liší nejen podle kategorizace letadla (scénář pro letouny je jiný než pro rotorová letadla, kluzáky nebo vzducholodě), ale liší se i podle schopností, vybavenosti letadel nebo způsobu řízení, ovládání letadla, apod. Vzhledem k širokému spektru bezpilotních letadel a využívaných technologií (např. pro plnou automatizaci letu) se v některých případech stanovují konkrétní scénáře případ od případu. [24]

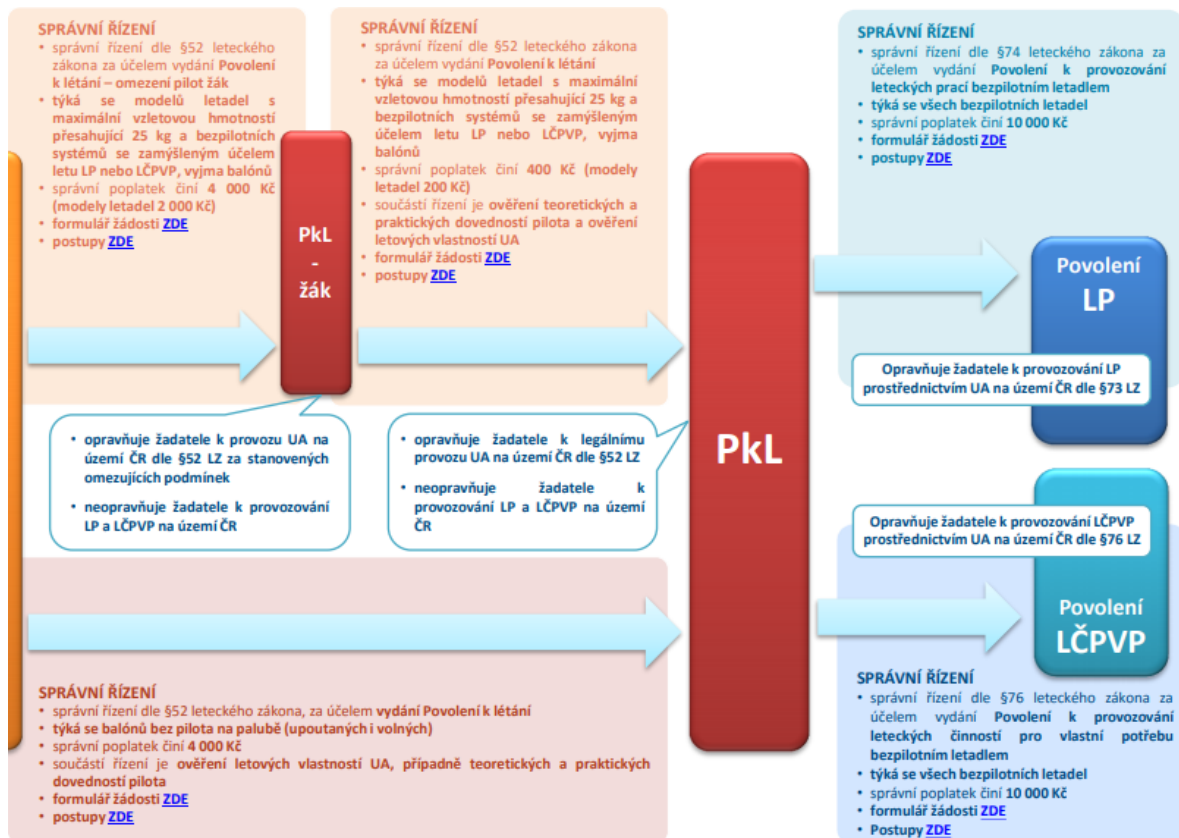
**Ověření teoretických znalostí každého pilota** se provádí především formou testu, který je standardní pro všechny kategorie bezpilotních letadel. Součástí ověření teoretických znalostí pilota je nicméně i ověření znalosti konkrétního bezpilotního systému a postupů leteckého provozovatele, a to v rozsahu informací předkládaných žadatelem v rámci předmětného správního řízení. [24]

### 3.2.1 Povolení k leteckým činnostem

Pokud pilot úspěšně složil praktické i teoretické zkoušky a zároveň je jeho osoba i bezpilotní letoun evidován na ÚCL, je jeho povinností před samotným letem vlastnit povolení k leteckým činnostem. [24, 31]

Situace, za kterých je nutné povolení k leteckým činnostem vlastnit jsou popsány v kapitolách výše. Zkráceně lze říci, že je povolení nutné při každém letu nad hustě osídleným prostorem, letu prováděného pro komerční účely nebo letů nad specifickými oblastmi jako jsou CHKO, národní parky atd. [24, 31]

Na obrázku níže lze vidět postup získání povolení, který vypracoval ÚCL. Z obrázku je patrné, že získání povolení není jednoduché a také je nutné počítat i s určitými finančními náklady. [24, 31]



Obr. 16: postup získání povolení k létání s dronem [31]

Legenda k obrázku:

UA - bezpilotní letadlo,

PkL - Povolení k létání UA,

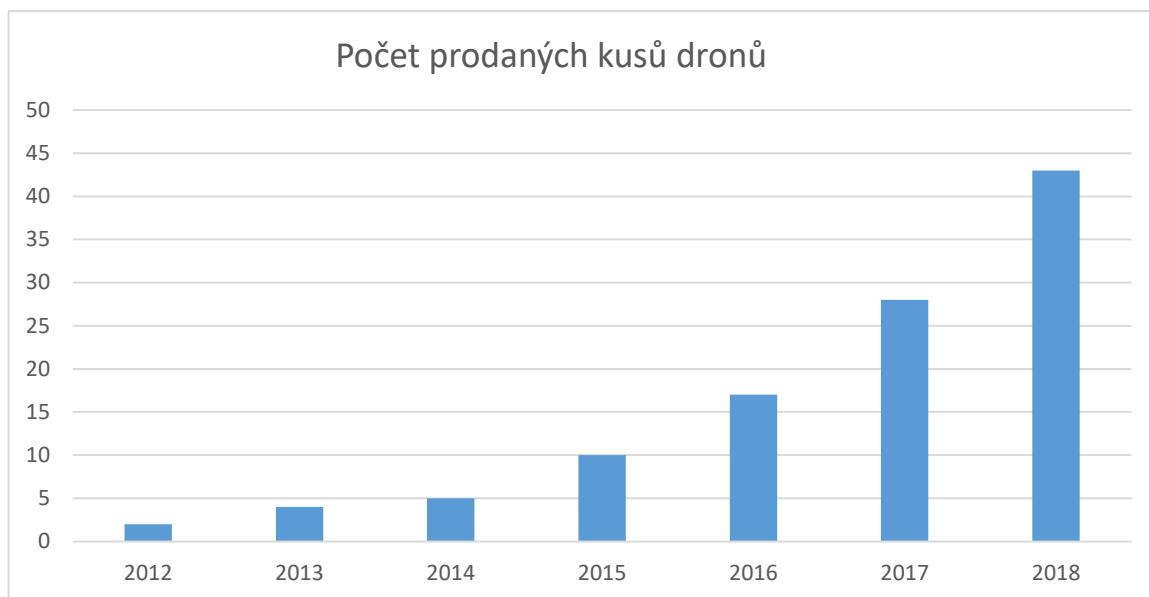
LZ - Zákon č. 49/1997 Sb. o civilním letectví v platném znění (Letecký zákon),

LP - letecké práce provozované UA,

LČPVP - letecké činnosti pro vlastní potřebu provozované UA. [31]

## 4 MNOŽSTVÍ DRONŮ V ČR

Celkové množství dronů provozovaných v ČR nelze jednoznačně určit, jelikož evidence dronů na ÚCL není povinná pro všechny drony. Je možné však dle prodejních statistik dokázat, že trend prodeje bezpilotních letounů je prudce rostoucí. V tabulce je na svislé ose počet prodaných dronů v internetovém obchodě T. S. BOHEMIA a.s.



Obr. 17: Počet prodaných kusů dronů společností T. S. BOHEMIA a.s. [zdroj: autor]

Z tabulky je patrné, že trend je opravdu prudce rostoucí. Dle slov prodejního manažera si drona v posledních letech stále častěji kupují lidé pro zábavu a pro vlastní potřebu.

Aktuální množství evidovaných dronů na ÚCL (data z 30. 11. 2018) je **782**. Vyplyvá to ze seznamu evidovaných bezpilotních letadel vedeným ÚCL a zveřejněným na webových stránkách úřadu.

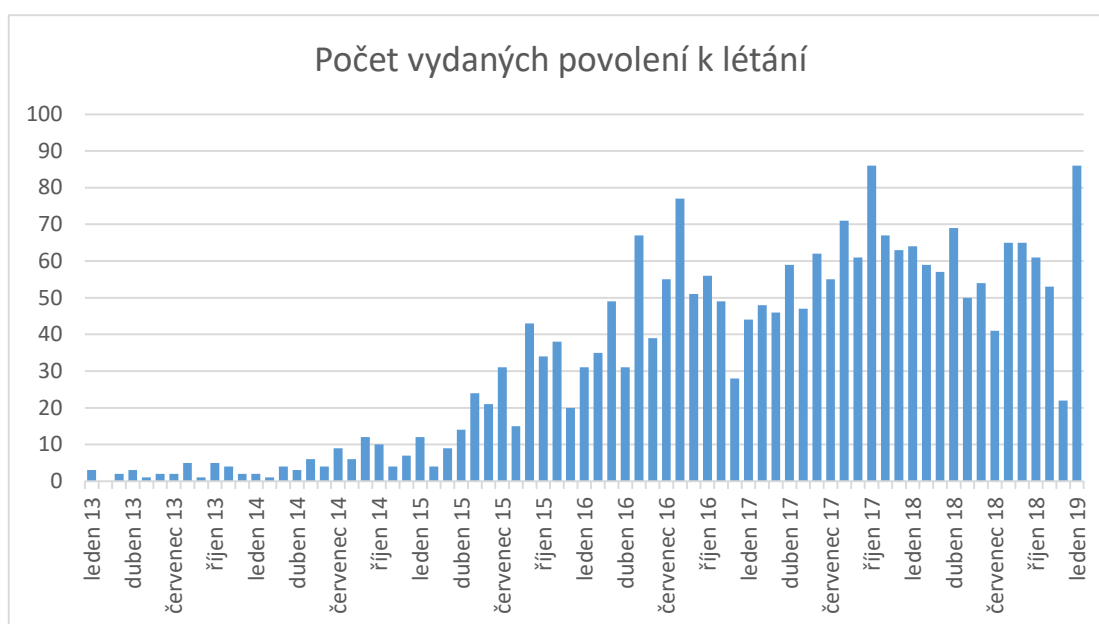
Provozovatelů těchto dronů evidovaných na ÚCL (data také z 30. 11. 2018) je **429**. Jednoduchým výpočtem pak lze zjistit, že každý provozovatel vlastní průměrně 1,7 dronů evidovaných na ÚCL. Z dokumentu „seznam provozovatelů“ lze vyčíst, že např. Česká televize vlastní 3 drony DJI Mavic PRO, letecké povolení pro vlastní potřebu má platné do 24. 1. 2020 a číslo povolení je 0011/LČUA (viz obrázek níže).

69	Česká televize	LČPVP	DJI Mavic PRO DJI Mavic PRO DJI Mavic PRO	OK-X038P OK-X038Q OK-X038R	24.01.2020	viz provozní specifikace	0011/LČUA
----	----------------	-------	---	----------------------------------	------------	--------------------------	-----------

Obr. 18: Záznam v seznamu provozovatelů dronů [32]

#### 4.1 Množství vydaných povolení k létání a leteckým pracím

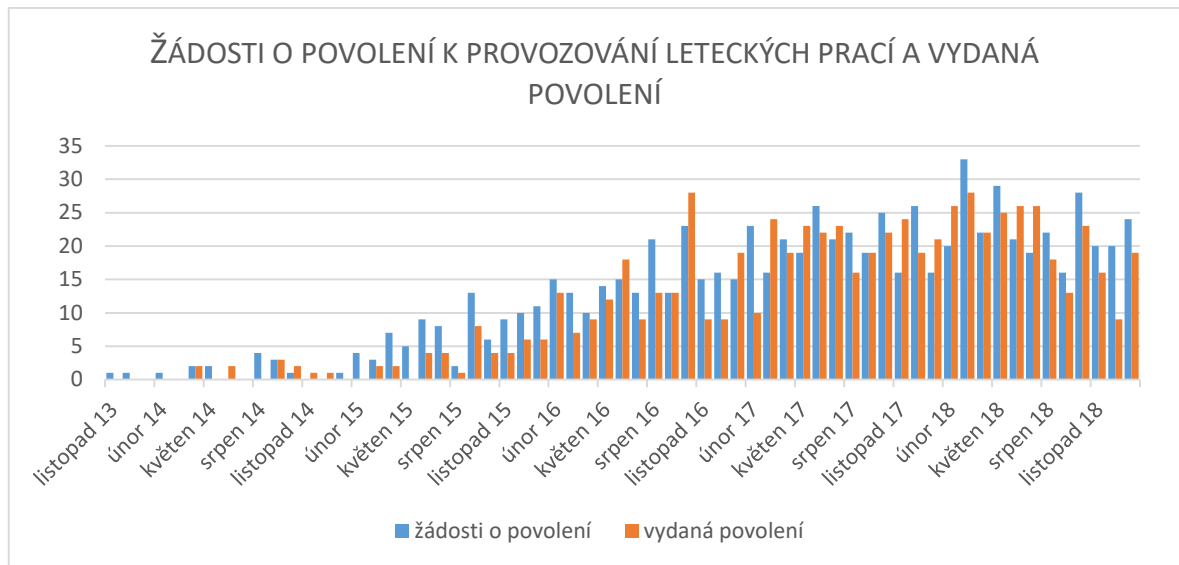
Dle statistik získaných od ÚCL jsou trendy žádostí o povolení k létání i o povolení k provozování leteckých prací **rostoucí**. S rostoucími žádostmi roste také počet vydaných povolení.



Obr. 19: Počet vydaných povolení k létání [zdroj: autor]

Například v roce 2014 byl počet vydaných povolení k létání 68 a o 4 roky později v roce 2018 už bylo vydáno 660 povolení k létání. Jedná se tedy téměř o desetinásobný nárůst vydaných povolení k létání během 4 let. Celá statistika od roku 2013 je zobrazená na grafu číslo 19 výše.

Na grafu číslo 20 lze zase pozorovat počty žádostí o povolení k provozování leteckých prací a počty vydaných povolení. Stále se stejně jako u počtu vydaných povolení k létání jedná o rostoucí trendy.



Obr. 20: Žádosti o povolení k provozování leteckých prací a vydaná povolení [zdroj: autor]

V následujících letech lze očekávat pokračování těchto trendů. Bezpilotní letouny se budou vyrábět ve velkých sériích a s tím přijde i snížení výrobní ceny na kus.

Teoretická část práce přiblížila dlouhou historii dronů od balónů s výbušninami až po moderní masově prodávané stroje. Zajímavým zjištěním je, že technologie jako FPV, VR, GPS, nebo zabudování senzorů pro detekci překážek se začínají instalovat i do běžných, levných a masově prodávaných amatérských dronů. Díky těmto technologiím se bezpilotní letouny stávají univerzálními stroji, které mohou sloužit zábavě a začínají oslovovat velké spektrum uživatelů.

Zvýšený zájem o drony je dokázán v poslední kapitole teoretické práce, kde jsou představeny prodejní statistiky internetového obchodu s elektronikou a graficky představeny počty vydaných povolení k létání, počty žádostí o povolení k provozování leteckých prací a vydaná povolení. Z těchto dat vyplývá opravdu rostoucí masový zájem o drony. Lze předpokládat, že aktuální trend růstu zájmu o drony bude také pokračovat.

Technologický vývoj dronů se tedy velmi zrychluje, stejně jako počty dronů ve vzdušném prostoru. Bude nutné zajistit, aby byl rychlému tempu vývoje přizpůsoben i právní rámec. Už v dnešní době existují technologie, které právní rámec nebere v úvahu a jejich používání je velmi sporné. Prognostická analýza vývoje rizik související s masovým prodejem dronů následuje v praktické části práce.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 PROGNOTICKÁ ANALÝZA RIZIK VE VZTAHU K ROSTOUCÍMU TRENDU POUŽÍVÁNÍ DRONŮ

Jak už bylo zmíněno, množství prodaných dronů v České republice prudce roste. Tyto stroje budou pochopitelně také provozovány ve vzdušném prostoru ČR. Se vzrůstajícím počtem bezpilotních letounů se začnou projevovat bezpečnostní rizika související s jejich provozem. První medializované případy týkající se ohrožení bezpečnosti vzdušného prostoru v blízkosti letišť a následném omezení jeho provozu se dotkly statisíců lidí a rozpoutaly veřejnou debatu na téma bezpečnosti užívání bezpilotních letounů. Na obrázku jsou zaznačeny světové bezpečnostní incidenty zachycené serverem DEDRONE.



Obr. 21: Bezpečnostní incidenty ve světě [33]

Potencionální bezpečnostní hrozby plynoucí z provozu bezpilotních letounů se však netýkají pouze letišť. Masové užívání dronů bude mít vliv na mnoho odvětví včetně nelegálních činností, které budou moci být prostřednictvím bezpilotních strojů prováděny v absolutní anonymitě.

Otázkou tedy je, jak ovlivní naše životy masové užívání dronů? V následující kapitole jsou uvedeny možné scénáře situací s výhledem do roku **2030**. Scénáře jsou tvořeny vždy se zaměřením na jeden bezpečnostní problém.

Na základě scénářů jsou navržena bezpečnostní opatření a doporučení s cílem předejít situacím představeným ve scénářích. Jedná se zejména o změnu právního rámce i užívání obranných prostředků ke zneškodnění dronů.

## 5.1 Zvolená metoda

Zvolena je metoda tvorby scénářů, jelikož tvorbou scénářů lze detailně představit možný popis vývoje souvislostí vztahujících se ke zvyšujícímu počtu bezpilotních letounů. V následujících kapitolách je tedy představeno mnoho tvrzení a na jejich základě jsou postaveny prognózy vývoje.

Každý scénář se věnuje určitému tématu, jako je pašování drog pomocí bezpilotních letounů, narušení soukromí obyvatel atd. Všechny scénáře popisují možnou budoucnost bezpečnostní situace spojenou s masovým užíváním dronů **s výhledem do roku 2030**.

V každém scénáři jsou nejprve charakterizovány a stanoveny zkoumané oblasti a následně analyzovány bezpečnostní události, které se udály v minulosti nebo v současné době ve spojení se zvoleným tématem scénáře (např. události spojené s pašováním drog).

Dále jsou ve scénářích stanoveny a popsány **hybné síly** v dané oblasti a události, které by mohly hybné síly ovlivňovat a měnit řetězce příčin a následků. Zvláštním typem hybné síly ve všech scénářích je technologický vývoj. V rámci popisu hybných sil se ve scénářích nachází subjektivní expertní odhad vlivu parametrů stroje na oblast týkající se daného scénáře. Na závěr jsou vlivy parametrů ze všech scénářů posouzeny a jsou určeny hlavní parametry ovlivňující bezpečnost používání bezpilotních letounů obecně.

Na základě hybných sil a ostatních výše popsaných vstupů jsou posléze vytvořeny scénáře popisující možnou budoucnost.

**Scénáře v dalších podkapitolách jsou tvořeny následující strukturou:**

- Příprava (zvolení zkoumané oblasti, popis zkoumané oblasti, její charakteristika a ohraničení)
- Zaznamenané bezpečnostní události (zkoumání, zda v minulosti nastala bezpečnostní událost v dané oblasti – pokud ano, následuje popis)
- Projektování hybných sil (v dané oblasti se stanoví hybné síly a následně jsou popsány)
- Tvorba scénáře (vymezení souvislostí, vlivu událostí)

V části, kde jsou stanovovány hybné síly, je vždy popis konkrétní hybné síly – technologického vývoje. Zde jsou uvedeny parametry, a určeny body dle síly, které budou v budoucnu ovlivňovat bezpečnost ve spojitosti s masovým užíváním dronů. Vysvětlení stanovených bodů je na tabulce níže.

Tab. 1: Bodování parametrů [zdroj: autor]

1 bod	neovlivní
2 body	ovlivní slabě
3 body	ovlivní středně
4 body	ovlivní silně
5 bodů	ovlivní velmi silně

## 5.2 Narušení bezpečnosti vzdušného prostoru

V následující části je dle výše popsané struktury vytvořen první scénář zabývající se ohrožením vzdušného prostoru.

### 5.2.1 Stanovení zkoumané oblasti

První scénář se věnuje bezpečnosti ve vzdušném prostoru ve vztahu k bezpilotním letounům. Vzdušný prostor je trojrozměrná část atmosféry, ve které se mohou pohybovat letadla ať už s pilotem na palubě nebo bezpilotní stroje. Způsob provozu těchto strojů je definován v legislativě a všichni piloti se jím musí řídit.

### 5.2.2 Zaznamenané bezpečnostní události

19. prosince 2018 správa letiště Gatwick v Londýně, zastavila veškerý provoz. Důvodem byly dva neznámé drony ohrožující provoz letiště. Provoz byl přerušen na 36 hodin a přerušování se týkalo více než 1000 letadel a 150 000 lidí. Podle portálu Evening Standard se škody vyšplhaly až nad 20 milionů liber. Do zmíněné částky se počítaly i škody způsobené hotelům, obchodům, taxislužbám nebo také letištním restauracím a obchodům. [33]

V České republice nedošlo k závažnějším bezpečnostním problémům, kdy by musel být omezen provoz na letišti. K menším komplikacím došlo pouze jednou na Letišti Václava Havla v Praze, kdy muselo být přistání letadla přesměrováno na jinou přistávací dráhu. [35]

### 5.2.3 Hybné síly

**Technologický vývoj** je hlavní hybnou silou, která bude bezpečnost ve vzdušném prostoru ovlivňovat. Vývoj technologií se posléze odráží v parametrech stroje. V následující tabulce je vždy ke každému parametru stroje subjektivním expertním odhadem přiřazeno bodové hodnocení od 0 do 5 bodů. Body jsou přiřazovány v závislosti na tom, jak daný parametr bezpilotního stroje ovlivní bezpečnost ve vzdušném prostoru. 5 bodů značí, že daný parametr maximálně ovlivňuje bezpečnost ve vzdušném prostoru a 0 bodů značí, že ji parametr neovlivňuje vůbec. Bodové hodnocení je dále převedeno na váhy v intervalu 0 – 1. Detailnější souvislosti jsou uvedeny v samotném scénáři.

Tab. 2: Vliv technologického vývoje na bezpečnost vzdušného prostoru [zdroj: autor]

parametry stroje	bodové hodnocení (0-5)	váha (0 - 1)
rychlost	3	0,14
doba letu	3	0,14
nosnost	1	0,05
ovladatelnost	2	0,09
hmotnost	4	0,18
rozlišení videa	0	0,00
vzletová výška	5	0,23
dolet	4	0,18
celkem	22	1,00
průměrně	2,75	0,125

Technologický vývoj se netýká jenom dronů, ale také **sledovacích systémů**, které budou vzdušný prostor hlídat.

Výraznou hybnou silou je také **právní rámec**. Pomocí právního rámce mohou státy provoz dronů regulovat. V případě bezpečnosti letu ve vzdušném prostoru se jedná zejména o regulaci maximálních výšek, do kterých mohou drony stoupat. Regulace mohou být směřované k pilotům nebo také k výrobcům dronů.

### **Piloti**

Kromě legislativy nic nebrání pilotům dronů v ohrožování vzdušných prostorů. Výrazný vliv na bezpečnost ve vzdušném prostoru tak budou mít samotní piloti.

#### **5.2.4 Scénář**

Zvyšující se poptávka po bezpilotních letounech bude neustále cenu dronů snižovat. Větší objem výroby má totiž za následek snížení nákladů na výrobu jednoho kusu. Následně si ho budou moci dovolit i lidé patřící do střední třídy. Ta bude i nadále nejpočetnější skupinou ze všech sociálních tříd. Lze předpokládat, že cena průměrného drona klesne pod 10 000 Kč. Bude se tedy jednat o náklady srovnatelné s nákupem mobilního telefonu.

Dron je stroj, který nelze používat nepřetržitě. Je a bude možné ho používat pouze ve specifických oblastech. Zejména tedy na pořizování videozáznamů z dovolených, rekreační, sportovní a komerční létání. S výhledem do roku 2030 tedy nelze očekávat, že drona bude vlastnit každý občan ČR. Za předpokladu, že bude v daném roce vlastnit drona alespoň každý desátý občan a počet obyvatel bude 11 milionů, lze jednoduchým výpočtem určit množství 1 100 000 dronů. Vypočtené množství však není konečné. Je nutné zmínit nadšence, kteří budou vlastnit i desítky bezpilotních strojů. K celkovému množství dronů je také nutné přičíst budoucí množství dronů v komerční sféře. Zde se jedná zejména filmové produkční společnosti, televizní společnosti, internetové obchody, které do budoucna hodlají své zásilky doručovat právě pomocí dronů, bezpečnostní agentury nebo také drony sloužící jednotkám IZS. Celkové množství dronů tak bude atakovat hranici 6 milionů kusů. To znamená, že počet dronů bude poloviční, jako počet obyvatel ČR.

Všechny zmíněné bezpilotní letouny se budou pohybovat ve vzdušném prostoru. Vzdušný prostor určený pro provoz dronů bude stále vymezovat legislativa, avšak celoplošná kontrola letu těchto strojů nebude úplně možná. Není pravděpodobné, že se v daném časovém horizontu podaří vyvinout sledovací systém, který by dokázal celoplošně sledovat na celém území republiky tak malé stroje při letu v tak nízkých výškách a navíc je dokázal rozeznávat od ptactva.

Dnes je možné takhle monitorovat pouze určitá vymezená území. Jedná se zejména o letiště, kdy je nutné vždy okamžitě drona detekovat, aby nedošlo ke srážce s letadlem. Existují systémy, které dokáží detekovat a sledovat trasu drona a pomáhají, tak nalézt narušitele. Tyto systémy jsou však velmi drahé. Samozřejmě, že za dané časové období se objeví více podobných systémů, bude na nich pracovat více vývojářů, jejich cena klesne a začnou se pro riziková území používat častěji (např. jaderné elektrárny). Avšak nepředpokládám, že bude tento systém celoplošně užíván na celém území ČR. V českém kopcovitém terénu by muselo být vytvořeno stovky takových sledovacích stanic, přičemž by byl provoz značně nákladný (z hlediska spotřeby energie a obsluhy).

Ohrožení bezpečnosti ve vzdušném prostoru lze dělit na **úmyslné** a **neúmyslné**. Do skupiny neúmyslného ohrožení se bude řadit zejména jednání běžných občanů amatérů, kteří drona užívají pro soukromé účely, jako natáčení vlastních videí, fotografování selfie, rekreační létání a podobně. Tito amatéři nemusí mít představu o pravidlech, která by měli dodržovat a bez záměru někoho poškodit mohou svůj stroj nasměrovat do zakázaného vzdušného prostoru. Rizika ohrožení majetku, zdraví nebo života zde budou velmi malá. Avšak ne nulová a začnou se objevovat případy, kdy amatérský pilot drona způsobí pád letadla.

Nejvíce nebezpečnou skupinou se však stanou piloti dronů, ohrožující bezpečnost vzdušného prostoru úmyslně. Jejich cílem bude zastrašení obyvatelstva, upozornění na sebe a šíření svých myšlenek a přesvědčení. Nejčastějším typem takového útoku bude nálet dronů na letiště například se zavěšenými transparenty propagující jejich myšlenky. Podobné útoky budou prováděny několikrát do roka a dotknou se statisíců obyvatel.

Zvláštním typem útoků se stanou útoky, ve velkých výškách pomocí speciálně upravených bezpilotních letounů majících za úkol provést srážku s dopravním letadlem. Následné srážky budou mít katastrofální následky s velkým množstvím ztrát na životech. Útočník však vždy zůstane anonymní.

Na předchozím příkladu je zřetelně ukázáno, že technologický vývoj bude zlepšovat parametry dronů až do situace, kdy se mohou téměř neomezeně ve vzdušném prostoru pohybovat. Největší vliv na bezpečnost však bude mít růst vzletové výšky, kterou drony zvládnou pokořit. Vzletová výška letu stoupne na několik kilometrů i u levných dronů za jednotky tisíc korun.

Velký nárůst také zaznamená maximální dolet strojů, který zvýší na desítky až stovky kilometrů. Útoky na letiště tak mohou být naprosto anonymní a dohledat piloty těchto strojů nebude prakticky možné.

Při srážce drona s letadlem zase hraje největší roli hmotnost stroje. U těžších dronů s velkými bateriemi bude srážka s dopravním letadlem neslučitelná s nouzovým přistáním.

Provozování dopravních, komerčních i soukromých letů ve vzdušném prostoru s výhledem do roku 2030, tak bude jednoznačně rizikovější. Vzniknou nové hrozby, které dnes neexistují a stávající hrozby budou provoz ve vzdušném prostoru stále více ohrožovat, přičemž bude velmi složité hledat opatření, která by směřovala ke snížení rizik.

### **5.3 Narušení soukromí obyvatel**

Podkapitola se zabývá soukromím obyvatel, které může být narušováno bezpilotními prostředky. Jedná se o scénář možné budoucnosti.

#### **5.3.1 Stanovení zkoumané oblasti**

K narušení soukromí obyvatel bezpilotními prostředky dochází zpravidla při přeletu nad soukromým pozemkem nebo při letu drona podél oken domu nebo bytu. Nejedná se tedy pouze o záležitost rodinných domů a zahrad. Dron se snadno pohybuje i na sídlištích, kde je ohroženo soukromí lidí žijících v bytech. Například byt nacházející se v nejvyšším patře je zdánlivě v soukromí a lidé mají pocit, že není třeba zastírat okna. Dron ale nemá problém s výškou budov na sídlištích a je možné pomocí takového bezpilotního letounu narušit soukromí obyvatel i v bytech situovaných v nevyšších patrech.

#### **5.3.2 Zaznamenané bezpečnostní události**

V roce 2018 bylo zahájeno šetření několika přeletů drona nad letním sídlem, francouzského prezidenta Emanuela Macrona v Brébancon, kde se svou ženou trávil dovolenou. [36]

V lednu roku 2018 byla rodina v Rejkjavíku šokována, když zjistila, že je sleduje dron skrz okno jejich bytu. Když seděli v obýváku, tak si všimli, že 10 cm od jejich okna poletuje dron, který je sleduje. Pilot drona byl nalezen a dopaden. Pořizování záznamů skrz okno však popřel. [37]

2. července 2017 muž s příjmením Jin v Číně s dronem natáčel a online streamoval ženy, které se převlékaly. Stream sledovalo přes 100 diváků. S pořízenými záznamy se pak chlubil na sociálních sítích a říkal, že kvalita videa je výborná a dron je skvělý špionážní nástroj.[38]

### 5.3.3 Hybné síly

**Technologický vývoj** také zde patří mezi významné hybné síly. Stejně jako v předchozím scénáři i zde je uvedena tabulka zobrazující subjektivní odhad vlivu technologického vývoje dronů na soukromí obyvatel. Nejvíce soukromí obyvatel ohrozí zvýšení rozlišení videa a doba letu drona. S velkým rozlišením kamery je možné provádět špionáž i z velkých výšek nebo vzdáleností. Výsledný obraz pak obsahuje i malé detaily a je možné ho přiblížit. Dlouhá doba letu umožňuje dobu špionáže prodloužit. Pilot tak pořídí mnohem delší záznam s více informacemi.

Tab. 3: Vliv technologického vývoje na narušení soukromí obyvatel [zdroj: autor]

parametry stroje	bodové hodnocení (0-5)	váha (0 - 1)
rychlost	1	0,05
doba letu	5	0,25
nosnost	1	0,05
ovladatelnost	3	0,15
hmotnost	0	0,00
rozlišení videa	5	0,25
vzletová výška	2	0,10
dolet	3	0,15
celkem	20	1,00
průměrně	2,50	0,13



**Výrobci dronů** mají absolutní vliv na to, kde dron létat bude a kde ne. Vliv uplatňují zejména skrze své aplikace. Aplikace zná pomocí GPS polohu pilota i polohu drona. S kombinací mapy obydlených území by bylo možné létání nad tímto územím zakázat. Výrobci nad tímto zákazem vážně uvažují, i když je k tomu v současnosti nenutí žádný právní rámec. Uvědomují si totiž, že pokud nebude docházet ke kriminálním činům způsobeným prostřednictvím drona, nebude se o dronech mluvit ani v médiích a nebude na politiky vyvíjen tlak směřující k regulaci prodeje dronů.

#### 5.3.4 Scénář

V roce 2030 plánují všechny velké internetové obchody nebo logistické společnosti doručovat méně objemné a méně hmotné zboží pomocí bezpilotních dronů. Pokud nám má být zboží doručeno během několika minut, jak společnosti slibují, je nutné, aby tyto bezpilotní stroje mohly létat nad hustě osídleným územím. Tedy pokud zboží bude doručovat na naši zahradu, k příletu na náš pozemek bude muset přeletět ten sousedův.

Tyto bezpilotní letouny budou vybaveny mnoha senzory a kamerami nutnými k autonomnímu letu, které budou na jednu stranu zabezpečovat bezchybný let bez srážky s překážkou, na druhou stranu by mohly být senzory rizikem. Při letu nad soukromým pozemkem by tyto optické senzory a kamery mohly pořizovat špionážní snímky a videa.

Vzhledem k tomu, že nakupování přes internet bude s výhledem do roku 2030 tvořit přibližně 70% maloobchodního trhu, budou objemy zásilek doručované prostřednictvím dronů obrovské a bude se jednat o tisíce zaslaných produktů prostřednictvím dronů denně.

Dokumentovat pomocí bezpilotních letadel budou firmy, obce, majitelé lesů, zemědělci, těžaři a technici při kontrolách mostů a jiných těžko přístupných objektů.

Firmy budou dokumentovat například střechy a následně lidem nabízet opravu. Obce budou snímkovat své území a dále snímky porovnávat s katastrem nemovitostí pro odhalení černých staveb. Majitelé lesů budou pomocí dronů monitorovat růst lesů a pohyb zvěře. Zemědělcům dají bezpilotní letouny možnost v reálném čase sledovat růst plodin a kontrolovat jejich kvalitu. Těžaři budou monitorovat každý lom a lehce spočítají, kolik suroviny bylo vytěženo.

Všechny výše zmíněné činnosti bude nutné provádět za pomoci monitorování území. Včetně toho soukromého. Tedy snímky soukromých pozemků budou pořizeny mnoha subjekty. Tyto subjekty se samozřejmě budou hájit, že účel monitorování je jiný, než špionáž. Kdo ale

zaručí, že dané subjekty budou zacházet s vizuálním materiálem podle zákona a fotografie například neprodají třetí straně? I pokud by zacházely subjekty s daty dle morálních hledisek, stále tady ta citlivá data budou a hrozí riziko napadení hackery. Hackeri by taková data mohli využít mnoha způsoby, například své oběti vydírat.

Volný pohyb dronů přinese mnoho výhod, přispěje ke zrychlení maloobchodního prodeje a ušetří nemalé náklady velkému počtu subjektů. Daní za všechny zmíněné výhody však bude riziko zneužití citlivých snímků a záznamů. V krajních případech bude docházet i k špehování „on-line“, tedy v reálném čase.

## 5.4 Ohrožení zdraví

Běžné bezpilotní letouny se už dnes pohybují rychlostí vyšší, než je maximální povolená rychlost aut v obcích. Maximální rychlost dronů není nijak omezena. Srážka s lidmi v takové rychlosti má za následek velkou zdravotní újmu. Stejně tak padající dron vážící několik kilogramů a padající z výšky několika set metrů.

### 5.4.1 Stanovení zkoumané oblasti

Zdraví obyvatel bude tedy ohrožováno letícími a padajícími bezpilotními prostředky. Zde je hlavním nebezpečím samotný dron. Avšak zvláštním případem budou úmyslné útoky stroji, nesoucími zbraně. Může se jednat o výbušné zbraně, biologické nebo chemické zbraně.

### 5.4.2 Zaznamenané bezpečnostní události

5. srpna roku 2018 došlo k neúspěšnému pokusu o atentát na Venezuelského prezidenta Nicoláse Madura. Během pronášení projevu v Caracasu k příležitosti oslav 81. výročí vzniku Národní gardy se k prezidentovi přiblížil dron naložený výbušninami a explodoval. Výbušnina explodovala v moment Madurova projevu vysílaného přímým přenosem. Před ukončením přenosu byla zřetelná panika lidí utíkajících z místa pryč. Nicolás Maduro i se svými členy vlády nebyli zraněni avšak zdravotní újmu utrpělo několik členů Národní gardy. [39]

Další bezpečnostní incident se odehrál v roce 2018 v Crow Creek parku v Bettendorfu v USA. Dron narazil do dítěte houpajícího se na houpačce a zranil ho na obličej. Způsobená zranění jsou zřetelně vidět na obrázku níže. [40]



Obr. 22: Zranění dítěte po střetu s dronem [40]

Ve stejném roce při oslavách Dne nezávislosti v Las Vegas v Caesars Palace Hotelu udeřil ženu bez varování dron do obličeje. Žena utrpěla zranění vyžadující sešití stehy a tvrdí, že jí srážka z dronem způsobila trvalé následky v podobě rozmazaného vidění. [41]



Obr. 23: Zranění ženy po střetu s dronem [41]

### 5.4.3 Hybné síly

**Technologický vývoj** bude mít vliv na bezpečnost zdraví obyvatel zejména ve spojitosti s parametry jako maximální rychlost, hmotnost drona, nosnost a maximální vzletová výška. Naopak doba letu a maximální dolet ohrožení zdraví obyvatel téměř neovlivní.

Tab. 4: Vliv technologického vývoje na ohrožování zdraví obyvatel [zdroj: autor]

parametry stroje	bodové hodnocení (0-5)	váha (0 - 1)
rychlost	5	0,20
doba letu	1	0,04
nosnost	5	0,20
ovladatelnost	3	0,12
hmotnost	5	0,20
rozlišení videa	1	0,04
vzletová výška	4	0,16
dolet	1	0,04
celkem	25	1,00
průměrně	3,13	0,13

Kromě parametrů uvedených v tabulce budou neodmyslitelnou hybnou silou také **logistické společnosti, internetové obchody a jejich vývoj AI** (umělé inteligence). Pokud se vyplní sliby obchodů jako je Amazon nebo v ČR Alza, bude nám nad hlavami s výhledem do roku 2030 létat více autonomních dronů, než těch ovládaných piloty.

**Změna klimatu** může být hybnou silou ovlivňující ohrožení zdraví obyvatel v případě, že opravdu přibude extrémně silných bouřek, ve kterých nebude možný let jak ovládaných

dronů piloty, tak těch autonomních. Pokud bude možnost výskytu bouřky předpověděná meteorology, dron do silného větru nevletí.

Svou roli tedy budou hrát i **meteorologové** a můžeme je tedy také nazvat hybnou silou, která ovlivní riziko úrazů způsobených dronem.

#### 5.4.4 Scénář

Bezpilotní prostředky budou vždy létat i nad lidmi. Žádný bezpilotní letoun pak nikdy nebude zaručovat 100% bezporuchovost. Zdraví obyvatel tedy může dron ohrožovat svým pádem.

Dalším rizikem pro obyvatele bude chyba řídicího systému. Stejně jako u drona, jedná se o techniku, která může mít výhody před řízenými lety pilotem, avšak nikdy nebude natolik dokonalá, aby zaručila 100% jistotu, že k poruše řídicího systému nedojde. I když bude riziko selhání jak dronů, tak řídicích systémů velmi malé, ve vzdušném prostoru nad hlavami obyvatel bude létat takové množství dronů, že k bezpečnostním incidentům docházet bude.

Vzhledem k současným judikátům, precedentům a trendům ve světě lze předpokládat, že zodpovědnost za jakýkoli bezpečnostní incident spojený s ohrožením zdraví obyvatel bude mít vždy pilot bezpilotního letounu. S rozvojem autonomního letu dronu bude třeba řešit také otázku „kdo je pilot?“ a kdo má tedy zodpovědnost. Všechny povinnosti pilota a také zodpovědnost za autonomní bezpilotní letoun bude mít osoba, která drona vypustila. Avšak s rozvojem nových technologií budou za provoz autonomních dronů zodpovědné spíše právnické osoby. Například u zmíněné logistiky bude docházet k plně automatizovanému provozu a žádná fyzická osoba dron vypouštět nebude.

Velkou hrozbou pro zdraví obyvatel také budou drony padající z důvodu silného větru. V České republice budou i nadále v letních měsících vznikat nenadálé a nepředvídatelné lokální bouřky. Meteorologové budou lépe předvídat globální situaci, avšak lokální silné větry způsobené prouděním teplého vzduchu nebude možné předpovědět. Takové bouřky vznikají na malém území a nepředpokládá se, že by se síť meteorologických stanic v průběhu let stala tak hustou, aby dokázala tyto lokální bouřky předpovědět. Dron, který do takové bouřky vletí, se stane neovladatelným a může dojít k havárii.

Zdravotní následky po srážce drona s lidmi budou mnohem závažnější, než doposud. Způsobeno to bude zejména hmotností dronů. Mnoho dronů bude určeno k přepravě zásilek a přepravovaná zásilka budoucnosti může mít větší hmotnost, než samotný dron. Maximální

rychlost dronů bude větší než 70 km/h. V kombinaci se zmíněnou hmotností se dron stane opravdu nebezpečným strojem.

## **5.5 Pašování drog, zbraní**

Poslední scénář se věnuje potenciálu dronů k pašování drog a zbraní. Incidentsy z posledních let nasvědčují tomu, že se dron stane ideálním strojem pro vykonávání právě takovéto trestné činnosti.

### **5.5.1 Stanovení zkoumané oblasti**

Pašováním se rozumí utajovaná přeprava zbraní, drog a jiného zboží dronem přes hranice do okolních států. Lze také pašovat z různých území, například vojenských újezdů a skladů. Posledním typem je pašování do určitých zařízení. Nejčastěji do vězení.

### **5.5.2 Zaznamenané bezpečnostní události**

Ve Skotsku byly v roce 2018 dopadeni při balení zásilek drog dva lidé. Zásilky připevňovali k dronům s následným plánem je shazovat ve věznici Perth. Drogy v hodnotě 3 000 liber ukryvali do sladkostí „kinder vajíčko“. Policisté kriminálníky našli díky jejich chybě, kdy jejich předchozí dron havaroval přímo ve věznici. V dronu našli nechtěné záběry z celé akce včetně obličejů pachatelů a čísla jejich domu. [42]

Na podzim roku 2018 bylo zadrženo a odsouzeno 7 členů gangu pašujících drogy pomocí dronů do věznic. Gang byl zodpovědný za 55 dodávek drog po celé Anglii. Jednalo se zejména o konopí, amfetaminy, crack, kokain a heroin. Cílili na věznice v Birminghamu, Wolverhamptonu, Worcestershiru, Warringtonu, Lancashiru a Liverpoolu. [43]

V roce 2015 se v Mexiku zřítíl dron nesoucí 2,5 kg metamfetaminu v šesti balíčcích. Dron havaroval poblíž hraničního přechodu San Ysidro spojující Mexiko s Kalifornií. Zjistilo se, že měl namířeno z Mexika do USA. [44]



Obr. 24: Dron pašující drogy [44]

### 5.5.3 Hybné síly

**Technologický vývoj** bude mít velký vliv na pašování drog a zbraní pomocí bezpilotních letadel. V dnešní době jsou schopné bezpilotní stroje vydržet ve vzduchu pouze několik desítek minut, dolet mají několik kilometrů a nosnost je v jednotkách kilogramů. Pokud budou zmíněné parametry vyvíjeny a vylepšovány, umožní to rozvoj této techniky pašování po celém světě.

Tab. 5: Vliv technologického vývoje na pašování drog [zdroj: autor]

parametry stroje	bodové hodnocení (0-5)	váha (0 - 1)
rychlost	4	0,15
doba letu	5	0,19
nosnost	5	0,19
ovladatelnost	3	0,11
hmotnost	0	0,00
rozlišení videa	1	0,04
vzletová výška	4	0,15
dolet	5	0,19
celkem	27	1,00
průměrně	3,38	0,125

**Drogové kartely** provádějící pašování konvenčním způsobem budou hledat nové, pro ně bezpečnější techniky pašování. Mohou tedy zapříčinit rozvoj „dronů pašeráků“. Podle amerického úřadu DEA (Drug enforcement Administration) drogové kartely financují vývojové programy za účelem vyvinutí nových dronů.

#### 5.5.4 Scénář

Výsledkem technologického vývoje budou drony s doletem několika set kilometrů, nosností několik desítek kilogramů, a možností rychlého letu v nízkých výškách a složitém terénu. Například v lese bude dron stále nemožné objevit.



S nástupem 5G sítí bude dostupné ovládání drona i skrz tuhle technologii. Technologie 5G umožní drona ovládat téměř odkudkoli s velmi krátkou odezvou téměř v reálném čase.

Každý postavený plot, vyžděná zeď, osobní prohlídka lidí a zavazadel najednou přestane dávat smysl. Všechny tyhle pro pašeráky největší překážky bude možné nadletět a vyhnout se jim. Pašeráctví se tak přesune do vzdušného prostoru.

S tím nastane mnoho bezpečnostních problémů. Drony se budou snažit pohybovat ve vzdušném prostoru co nejskrytěji, tzn. v malých výškách. Letem v malé výšce jsou ale vysoce ohroženi lidé, do kterých může tento těžce naložený dron narazit. Následky takového střetu by byly katastrofální a mohly by ohrožovat i život lidí.

Dalším rizikem je možnost nalezení havarovaného drona plného drog dětmi. Pokud budou drogy pašovány převážně ve vzdušném prostoru, tak k haváriím zcela určitě docházet bude. Havarovaný dron okolo havárie doslova rozpráší kilogramy drog. Nic netušící kolemjdoucí tak mohou přijít k újmě na zdraví.

Pašování drog vzdušnou cestou by také drogy pravděpodobně zlevnilo. Bylo by totiž možné opakovaně posílat desítky kilogramů drog naprosto anonymně. Při odhalení drona s drogami by jen obtížně docházelo k odhalení viníků a pašeráků.

## 5.6 Shrnutí technologických hybných sil

Na všechna odvětví bezpečnosti spjaté s masovým užíváním dronů bude mít největší vliv technologický vývoj. Ten je základní hybnou silou užitou ve všech popsanych scénářích. Jednotlivé parametry drona pak budou mít vliv s určitou vahou. Na následující tabulce je zřetelně vidět, že ze všech parametrů bude mít na bezpečnost masového užívání dronů největší vliv navýšení vzletové výšky, rychlosti dronů a jejich doletu. Naopak nejméně bezpečnost masového užívání dronů ovlivní rozlišení videa, jelikož má vliv hlavně na soukromí obyvatel a na ostatní oblasti má jen nepatrný vliv.

Tab. 6: Shrnutí technologických hybných sil [zdroj: autor]

parametry stroje	narušení vzdušného prostoru		soukromí obyvatel		ohrožení zdraví		pašování drog		celkem	
	body	váha	body	váha	body	váha	body	váha	body	váha
rychlost	3	0,14	1	0,05	5	0,20	4	0,15	13	0,138
doba letu	3	0,14	5	0,25	1	0,04	5	0,19	14	0,149
nosnost	1	0,05	1	0,05	5	0,20	5	0,19	12	0,128
ovladatelnost	2	0,09	3	0,15	3	0,12	3	0,11	11	0,117
hmotnost	4	0,18	0	0,00	5	0,20	0	0,00	9	0,096
rozlišení videa	0	0,00	5	0,25	1	0,04	1	0,04	7	0,074
vzletová výška	5	0,23	2	0,10	4	0,16	4	0,15	15	0,160
dolet	4	0,18	3	0,15	1	0,04	5	0,19	13	0,138
součet									94	1,00

Představené scénáře jsou jednou z mnoha budoucností, které mohou nastat. Zásadní vliv na vývoj bezpečnosti spojené s masovým užíváním dronů budou mít hybné síly jako vlády, které mohou prostřednictvím právního rámce provoz dronů regulovat, výrobci, kteří mají zásadní vliv na funkci dronů i lidé a společnosti drony provozující. S výhledem do roku 2030 však lze s velkou pravděpodobností očekávat, že se budou bezpečnostní rizika spojená s masovým užíváním dronů zvyšovat.

## 6 NÁVRH SPECIFICKÝCH BEZPEČNOSTNÍCH ASPEKTŮ MINIMALIZACE RIZIK VZTAHUJÍCÍCH SE K UŽÍVÁNÍ DRONŮ

Z vytvořených scénářů vyplývá, že by se mohla bezpečnost užívání dronů s výhledem do roku 2030 zhoršit. Zejména pak ve spojitosti s budoucím množstvím užívaných dronů a jejich technologickému vývoji.

S použitím možných scénářů budoucnosti lze vyzorovat bezpečnostní rizika, která se mohou podílet na ohrožení soukromí obyvatel, vzdušného prostoru, zdraví obyvatel nebo na pašování drog.

V následující kapitole proto budou na základě vytvořených možných scénářů analyzovány technologie, postupy a metody, které mají potenciál tato bezpečnostní rizika snížit. Některá představená řešení snižující bezpečnostní rizika ve spojitosti s užíváním dronů jsou už na několika místech testována, avšak ve většině případů reálný význam nabydou až s masovým rozšířením dronů.

Zvláštní pozornost je zde věnována právnímu rámci. V kapitole jsou navrženy konkrétní úpravy právního rámce ve vztahu k výrobcům dronů i k provozovatelům tak, aby se bezpečnostní riziko s výhledem do roku 2030 udrželo na přijatelné úrovni.

### 6.1 Zneškodnění dronů

V případech, kdy bezpilotní letouny ohrožují zdraví či životy obyvatel, je nejúčinnějším řešením drona neprodleně zneškodnit. Zvláště pak na veřejných místech, kde je evakuace obyvatel náročná nebo téměř nemožná.

Zneškodnění drona by mělo proběhnout bezpečným způsobem. Dron nesmí při zákroku neovladatelně havarovat a tím ještě více ohrožovat zdraví obyvatel.

V podkapitolách níže jsou představeny konkrétní návrhy metod zneškodnění těchto bezpilotních letounů. Dále jsou uvedeny výhody a nevýhody každé jednotlivé metody.

#### 6.1.1 Rušičky signálu

Nejprve je nutné uvést, na jakých frekvencích jsou signály určené pro ovládání masově prodávaných dronů vysílány. Dalším krokem je zjištění, jaká data jsou pomocí signálů přenášena.

Nejčastěji jsou dnes pro bezpilotní stroje používány bezlicenční kmitočtová pásma v rozsahu 2,4 GHz -5,8 GHz. Přenášena nejsou pouze data určená k řízení drona, ale také data o poloze drona a pilota. Ve většině dnes prodávaných dronů je už zastoupena i technologie FPV (first person view), která přenáší v reálném čase obraz z drona do vysílačky nebo chytrého telefonu.

Jedním z řešení, jak neprodleně přerušit provoz běžně prodávaných dronů, je použití **zdroj silného signálu** na dané frekvenci tak, že bezpilotní prostředek nezachytí signál, z vysílačky. Pokud dron ztratí (nebo v silném šumu nemůže rozeznat) signál, nejčastěji nastávají 3 případy:

- **Dron neovladatelně padá** - Jedná se o drony s absencí systému pro automatické přistání při poruše. Dle slov obchodního zástupce firmy T. S. BOHEMIA a.s. počet nabízených dronů bez těchto systémů klesá a s tím i jejich prodeje. Je to dáno částečně i legislativou (viz teoretická část DP). Lze předpokládat, že se počet bezpilotních letadel bez záchranných systémů s výhledem do roku 2030 bude blížit k nule.
- **Dron začíná přistávat na místě, nad kterým se právě nachází** – Jedná se o řešení, které se nejčastěji nachází u nižší třídy bezpilotních letadel. Tyto stroje nižší třídy neobsahují dostatečné senzory pro bezpečný návrat k pilotovi do zóny, kde by mohl být silnější signál. Výrobci je do svých dronů zavádí jak z bezpečnostních důvodů, tak také proto, že při ztrátě signálu by mohlo dojít k poškození drona.
- **Dron se vrací zpět na místo, odkud vzlétl** - S výhledem do roku 2030 se bude zmíněné řešení záchranných systémů nacházet v naprosté většině dronů. Kromě bezpečnostních výhod, kvůli kterým budou státy tlačit výrobce prostřednictvím právního rámce, je zde i mnoho jiných výhod. Například fakt, že při ztrátě signálu se dron snaží přibližovat k pilotovi autonomním letem a pokud nezachytí signál vůbec, přistává na místě, ze kterého vzlétl. V průběhu návratu využívá mnoha senzorů ke zvýšení bezpečnosti. Díky podobným systémům bude mnohem méně často docházet ke ztrátě drona. Zároveň však je možné drona „stopovat“ a dostat se na místo odkud vzlétl a tím nalézt i pilota.

Na obrázku je přenosná rušička od společnosti DRONEDEFENCE, která má dosah rušení 1km a ruší frekvence 2,4 GHz až 5,8 GHz.



Obr. 25: Drone jammer [45]

Druhou možností, je **převzít kontrolu nad dronem použitím vysílačky se silným signálem**. Dron pak bude reagovat na silnější signál a bude možné nad ním převzít kontrolu. Takové řešení ale naráží na mnoho omezení. Největším z nich je nutnost vlastnit vysílačku, která dokáže s dronem komunikovat na daném protokolu. Výrobci dronů bude s výhledem do roku 2030 mnoho a nepředpokládá se sjednocení komunikačních protokolů. Zásadním problémem bude tedy určit na jakém protokolu je přenos dat mezi dronem a vysílačkou založen. Bez určení správného komunikačního protokolu nebude možné kontrolu nad dronem převzít. Pokud se ale určí ten správný komunikační protokol a daná vysílačka s dronem naváže kontakt, bude možné s dronem bezpečně přistát.

S výhledem do roku 2030 lze očekávat celoplošné pokrytí ČR **sítěmi páté generace (5G)**. Síť páté generace budou mít krátkou odezvu (latenci), díky níž bude možné bezpilotní letouny ovládat právě prostřednictvím 5G sítí v reálném čase. Odezva drona na řídicí pokyn bude za použití 5G sítí takřka okamžitá. Drona tak bude možné ovládat odkudkoli a nebude se jednat o přímé spojení „vysílačka – dron“. Spojení mezi dronem a vysílačkou bude možné navázat šifrovaně. Nepůjde tedy drona rušit ani nad ním převzít kontrolu (respektive 5G

signál možné rušit bude, avšak s výhledem do roku 2030 bude na sítích závislých tolik věcí, že následky takového rušení by mohly být nebezpečnější, než samotný dron).

Rozšiřovat se také začnou autonomní drony. Zde nebude žádná možnost rušit nebo převzít řídicí signál, jelikož dron řídicí signál nepřijímá a rozhoduje se pouze na základě SW s AI.

### 6.1.2 Elektromagnetická pulsní děla

EMP zbraně ničí elektronické zařízení obsahující polovodiče (včetně dronů) krátkým silným elektromagnetickým pulsem. Zneškodnění dronů pomocí EMP zbraní však není dostatečně bezpečné. Elektromagnetický puls vyřadí z provozu i systémy, které při poruše drona zajišťují bezpečné přistání. Dron tak okamžitě padá k zemi a hrozí nebezpečí pádu na osobu pod ním. Nebezpečný je také samotný elektromagnetický puls, který může ohrožovat všechny elektronické systémy v okolí výstřelu. Zejména pak letadla nebo lidi s kardiostimulátorem.

### 6.1.3 Cvičení draví ptáci

Naopak polapení drona cvičeným ptačím dravcem, je pro lidi mnohem bezpečnější. Dravec je vycvičený k tomu, aby drona bezpečně dopravil i na zem. Existují první společnosti, které s výcvikem dravců na takové účely už začaly. Nabízejí je pak jako ochranu letišť proti dronům. S výhledem do roku 2030 ale není pravděpodobné celoplošné použití na všech letištích. Dron má několik rotorů, kterými může dravce zranit a je téměř jisté, že se proti takovým praktikám ohradí mnoho lidí.



Obr. 26: Ptačí dravec útočící na drona [46]

#### 6.1.4 Zbraně vystřelující sítě

Protože sestřelovat drony pomocí konvenčních zbraní je velmi nebezpečné a na veřejnosti téměř nepoužitelné, mnoho firem začalo s vývojem zbraní, které vystřelují sítě. Do sítě se dron zamotá a padá. Momentálně jsou takové zbraně ale také téměř nepoužitelné. Důvodem je hlavně ohrožení osob padajícím dronem, ale také velmi krátký dostřel a přesnost. Výrobci těchto zbraní udávají maximální dostřel pouze 10 m.



Obr. 27: Zbraň vystřelující síť na drona [47]

S výhledem do roku 2030 ale lze očekávat intenzivní vývoj zbraní vystřelujících projektily se sítěmi. Mým návrhem je do projektilu zakomponovat i padák, který se z projektilu uvolní po vystřelení sítě.

#### 6.1.5 Zneškodnění dronů pomocí dronů

Krátký dostřel zbraní vystřelující sítě by bylo možné vyřešit instalací takové zbraně do jiného drona. Pokud by byla síť spojena s dronem vystřelující sítě provazem, dokázal by dron vystřelující sítě škodného drona také dopravit bezpečně na zem.

Druhou možností je tažení sítě pod dronem. Dron pak musí škodného drona nadletět a do sítě ho „zamotat“. Podobná řešení už byla testována Japonskou policií.



Obr. 28: Dron zneškodňující drona [48]

S výhledem do roku 2030 se bude do systémů umožňujících zneškodnění drona pomocí drona masivně investovat a lze očekávat i nástup autonomních dronů.

Výsledkem pak budou autonomní systémy, které budou sledovat vzdušný prostor nad rizikovým místem, a při neoprávněném vstupu do tohoto vzdušného prostoru bude možné do několika minut hrozbu eliminovat.

## 6.2 Změna právního rámce

Rychlý rozvoj bezpilotních letounů a jejich masové prodeje pravděpodobně změní celkovou bezpečnostní situaci ve světě. Státy se budou snažit rizika spojená s masovým užíváním dronů minimalizovat a nejúčinnějším nástrojem pro minimalizaci těchto rizik bude změna legislativy.

Změny právního rámce a pravidla v budoucnu nastolená budou kompromisem mezi přínosy, které bezpilotní systémy přinášejí a opatřeními zvyšující bezpečnost masového užívání takových strojů.

Příkladem podobného kompromisu může být užívání automobilů. Používání automobilů k dopravě také skrývá mnohá bezpečnostní rizika. Avšak za výhody, které automobily lidem poskytují, jsme ochotní určité riziko podstoupit. Používání dronů bude přinášet také různé



výhody (např. možnost doručení zásilky během několika minut), za které budeme ochotni určitá rizika podstupovat. Úkolem tak je určit pravidla, která budou odrážet rovnováhu mezi výhodami a riziky, které používání dronů přináší.

### 6.2.1 Ve vztahu k provozovatelům

Navrhuji, aby provozovatelé všech outdoorových dronů museli drona zaregistrovat u ÚCL a opatřit ho viditelnou registrační značkou. Tohle řešení by nejen pomohlo při tvorbě statistik a databází, ale především by lépe informovalo obyvatele. Pro obyvatele by to už nebyl anonymní dron, který je špehuje, ale bylo by možné pomocí registračního čísla v databázi odhalit provozovatele takového stroje.

Před úspěšnou registrací drona by dle mého názoru měl každý pilot vlastnit licenci na provoz dronů. Důvodem je ověření základních znalostí spojených s provozem bezpilotních letounů. Získání licence by nemuselo být složité. Jednalo by se o online test na počítači pod dozorem inspektorů, podobně jako u testu na řídičský průkaz. Praktická zkouška létání není nutná, jelikož už dnešní drony obsahují autopiloty, pomocí kterých drona zvládne ovládat opravdu každý.

Pro kontrolu navržených nutností a řešení specifických problémů a přestupků spojených s užíváním dronů by měli být vyškoleni policisté specialisté na drony, kteří by stejně jako v dopravě, prováděli i preventivní kontroly.

### 6.2.2 Ve vztahu k výrobcům

Navrhuji zavedení povinnosti pro výrobce do každého drona instalovat systém elektronického leteckého deníku tak, aby bylo pro policisty vždy možné po bezpečnostním incidentu data z drona zpětně stáhnout a pozorovat historii letu dle GPS souřadnic. Let s dronem by se tak stal méně anonymní a stažená data by mohla sloužit jako důkaz.

Výrobci by do svých aplikací, přes které jsou drony ovládány měli nahrát mapu zakázaných zón, do kterých dron nesmí vletět. Nacházel by se dron v této zóně, neměl by mu systém vůbec dovolit vzlétnout. Mapy by se museli ale často aktualizovat.

Drony by měly být vyráběné dle norem zajišťující bezpečnost při srážce s člověkem. Pro certifikaci a možnost prodeje drona v ČR by podle mého názoru měl, každý dron projít crash testy. Stejně jako je tomu u automobilů, po crash testu by byla dronu udělena známka.

Navrhuji, aby byly zakázány prodeje dronů bez ochranných lišt kolem rotorů. Ze známých případů střetů drona s lidmi je patrné, že rotory jsou nejnebezpečnější částí drona. Přitom instalace plastových ochranných lišt je pro výrobce jednoduše zvládnutelná a již dnes je možné ke většině dronů tyto lišty přikoupit.

### 6.3 Veřejné prostory

Veřejné prostory jsou už dnes nejvíce ohroženými místy a objekty. Zejména pak různá náměstí, kde se shlukuje mnoho lidí a konají se zde hudební a kulturní akce. Pro útočníka s dronem je takový objekt snadným cílem, na který může anonymně zaútočit.

Centra měst, náměstí a různé pěší zóny s velkou koncentrací lidí jsou dnes chráněny pře vjezdem aut bariérami. Jak jsou ale chráněny před vletem dronů?

Navrhuji, aby města instalovala bezpečnostní systémy, které budou monitorovat právě zmíněný vzdušný prostor nad centry měst.

Právě nedostatečná ochrana vzdušného prostoru na veřejných místech byla základní skutečnost, která mě přiměla v rámci mé diplomové práce udělat i návrh takového systému pro náměstí Míru ve Zlíně.

Další kapitola se tedy už věnuje konkrétnímu návrhu, jak by mohla ochrana podobných ohrožených míst vypadat.

## 7 NÁVRH OCHRANY NÁMĚSTÍ MÍRU VE ZLÍNĚ

Tato část diplomové práce se bude zabývat konkrétním návrhem systému ochrany před drony. Jako objekt bylo vybráno **náměstí Míru ve Zlíně**. Jedná se o prostor, ve kterém jsou po dobu celého roku konány různé hudební a kulturní akce. Na akcích se schází mnoho lidí a i mimo zmíněné akce lze na náměstí pozorovat zvýšený pohyb lidí.

Návrh systému je zpracován ve spolupráci s městskou policií Zlín. Ta si také sama zvolila nám. Míru jako objekt, který je pro instalaci nejvhodnější. Policie projevila velký zájem o zpracování návrhu a téma diplomové práce se jim velmi líbilo. Dle slov ředitele Ing. Milana Kladníčka je pro městskou policii bezpečnost používání dronů aktuální téma, kterému se začínají více věnovat a na místech jako je náměstí Míru bude do budoucna podobné systémy opravdu potřeba instalovat a o nákupu podobných systémů vážně uvažují.

Městská policie Zlín v současné době **nedisponuje** žádnými drony, systémy sledování dronů ani systémy pro zneškodňování dronů. Trendy v západních zemích ale ukazují, že podobné systémy umožní silně snížit rizika spojená s masovým užíváním dronů.

Nám. Míru je pro provoz sledovacích systémů vhodné zejména, protože se jedná o otevřený prostor bez výrazných překážek. Nacházejí se zde pouze stromy, které na kvalitu sledování dronů nemají velký vliv. Dalším důvodem je už zmíněná koncentrace obyvatel. Ta je znásobena v době konání kulturních a hudebních akcí, při nichž se na náměstí obvykle nachází mnoho stovek lidí.

Jakákoli důkladně provedená bezpečnostní prohlídka lidí vstupujících na náměstí začíná postrádat smysl, pokud je k útoku použit dron. Dronem je možné jednoduše přeletět i ploty bránící vstupu do prostoru bez bezpečnostní prohlídky.

Pokud by městská policie měla na náměstí Míru instalován systém určený ke sledování dronů, alespoň by věděla, že nebezpečí hrozí a v nejhorším případě by byla nařízena evakuace prostor.

Zneškodňování dronů by bylo v této lokalitě totiž velmi složité. Jednalo by se o nebezpečné úkony a „narážely“ by na právní rámec. Dron může při zneškodňování spadnout někomu na hlavu a způsobit zranění nebo může přejít do nekontrolovatelného letu. Rušení signálu v této lokalitě není možné (bylo by možné v opravdu nouzových případech a stále by se jednalo o úkon na kraji pravomocí). Při převzetí kontroly nad dronem by zase dle současného právního rámce převzali policisté i zodpovědnost za drona. Jak už bylo výše napsáno, odpovědnost za

drona má pilot a pilotem by se stali policisté v momentě převzetí kontroly. Za následné chování drona a způsobené škody by tedy byl zodpovědný policista, který převzal kontrolu nad dronem.

Z výše popsanych důvodů navrhuji instalaci pouze detekčního a sledovacího systému na náměstí Míru. Navržený detekční systém totiž u většiny dronů získá mnoho informací o dronovi včetně jeho polohy i polohy pilota. Pilota, který ovládá drona pak je pro policisty snadné nalézt.

## 7.1 Popis vybraných technologií

Pro ochranu Zlínského náměstí Míru jsem vybral software i hardware od společnosti Dedrone. Jedná se o společnost se sídlem v San Franciscu (původně vznikla v Německu v roce 2014). V české republice jejich technologie instaluje společnost 601 s.r.o. Jedná se o jedinou společnost, která podobné instalace v České republice nabízí.

V referencích mají instalace ve věznicích, na sportovištích, při konání velkých akcí. Pro instalaci na náměstí Míru bude tedy technologie dostačující.

Navržený systém bude pasivní. To znamená, že nebude vyzařovat žádné signály na žádných vlnových délkách a bude pouze docházet k odposlechu signálů, které se na náměstí objeví.

### 7.1.1 Software

Navrhovaný SW se jmenuje Drone tracker. Ten spolupracuje se všemi HW prvky, které společnost Dedrone vyrábí. SW dokáže nejen detekovat vstup drona do kontrolovaného prostoru ale dokáže určit i jeho přibližnou polohu. K tomu mu slouží různé HW senzory, které budou popsány v další podkapitole.

Systém tedy získává data ze senzorů a vyhodnocuje je, zda se jedná o ptáky nebo drona. V případě vyhodnocení, že se jedná o drona, je spuštěn poplach a uživatel je na tuto skutečnost upozorněn. Pomocí dat z více senzorů je možné získat následující informace:

- Polohu drona,
- Polohu pilota,
- MAC adresu drona,
- Typ drona,
- Vizuální kontakt s dronem,
- Záznam letu drona.

Polohu drona, polohu pilota, MAC adresu drona a typ drona je možné získat z komunikace drona s pilotem.

Výrobci dronů si uvědomují, že pokud bude docházet k častým útokům pomocí dronů, budou drony regulovány a tak spolupracují právě s podobnými společnostmi jako je Dedrone a poskytují jim přístup do komunikačních protokolů, prostřednictvím kterých jsou data přenášena. Díky tomu pak lze zmíněné informace získat.

Získáním MAC adresy přístroje pak lze zpětně zjistit, ve kterém obchodě byl dron prodán a pokud byl prodán na jméno, zjistí policie i jeho identitu. Popřípadě se může podívat na kamerový záznam ze dne nákupu atd.

Drone tracker zaznamenává pohyb drona a záznam ukládá na cloud. Provozovatel systému tak má přístup k historii všech letů dronů na daném území intuitivně graficky zpracované na mapě. Zmíněnou funkci lze vidět na screenshotu z propagačního videa, kdy oranžová čára reprezentuje historii pohybu drona.



Obr. 29: Drone tracker [50]

System je provozován na serverech Drone trackeru ale je možnost pořídít si i verzi s nasažením na vlastní server. K pořízení takové verze ale nevidím důvod. Provoz na serverech

Drone trackeru je sice zpoplatněn ale obrovskou výhodou je zde pravidelná aktualizace systému, která je velmi důležitá. Tvůrci Drone trackeru neustále vylepšují všechny aspekty systému, rozšiřují funkce, zvyšují bezpečnost, odstraňují chyby a vylepšují citlivost systému.

### 7.1.2 Hardware

Navrhují použití dvou druhů HW prvků od společnosti Dedrone. Oba prvky navrhuji použít dvakrát. Systém se tedy bude skládat ze 4 HW prvků.

#### Multi Senzor

Jedním z nich je Multi Senzor, který obsahuje 4 senzory v jednom HW prvku. Pomocí multisenzoru lze zaznamenávat následující data:

- Video (optický senzor – 1080p HD),
- Audio (dva akustické snímače – spektrum 0-96 kHz),
- Infračervené záření (optický senzor - 1080p HD),
- Wi-Fi signál (deteguje signály WLAN dronů na frekvenci 2,4 GHz a 5GHz).



Obr. 30: Multisenzor [51]

Na obrázku číslo 30 lze vidět jeho podobu. Jedná se o design, který je cíleně nápadný. Útočník si tak systému jednoduše všimne a plánovaný útok tak nemusí uskutečnit. Senzor má úhel záběru až 90° a dosah až 500m, což jsou parametry plně dostačující pro dané použití na náměstí Míru.

## RF Sensor

Radiofrekvenční senzory jsou do návrhu zařazeny dva. Kombinace dvou senzorů je zvolena na základě skutečnosti, že za použití dvou senzorů je možné lépe určovat polohu drona.

RF senzory na rozdíl od optických senzorů umožňují detekovat drona i za stromem, kterých je na náměstí několik.

Největší výhodou však je, že se za použití tohoto HW mnohonásobně zvyšuje množství modelů dronů, které lze detekovat. Způsobeno je to velkým frekvenčním rozsahem, který je možné pomocí tohoto senzoru odposlouchávat (Wi-Fi, rádiové signály používané pro ovládání dronů a přenos dat). Díky časté aktualizaci databází systému je možné odposlouchávat také nové modely dronů.



Obr. 31: RF senzor [51]

Na obrázku výše je zobrazena podoba RF Senzoru. Jeho dosah je až 1000m, pro potřeby náměstí míru je tedy také dostačující. Hlavním úkolem RF Senzoru je rozpoznání komunikace, odposlouchávání komunikace a identifikace drona. Při použití dvou prvků pak pozitivně přispívá ke zpřesnění určení polohy drona.

## 7.2 Návrh umístění HW prvků systému

V následující části bude rozebráno rozmístění daných HW prvků systému. Návrh byl tvořen dle instalačního manuálu a následně konzultován s výrobcem.

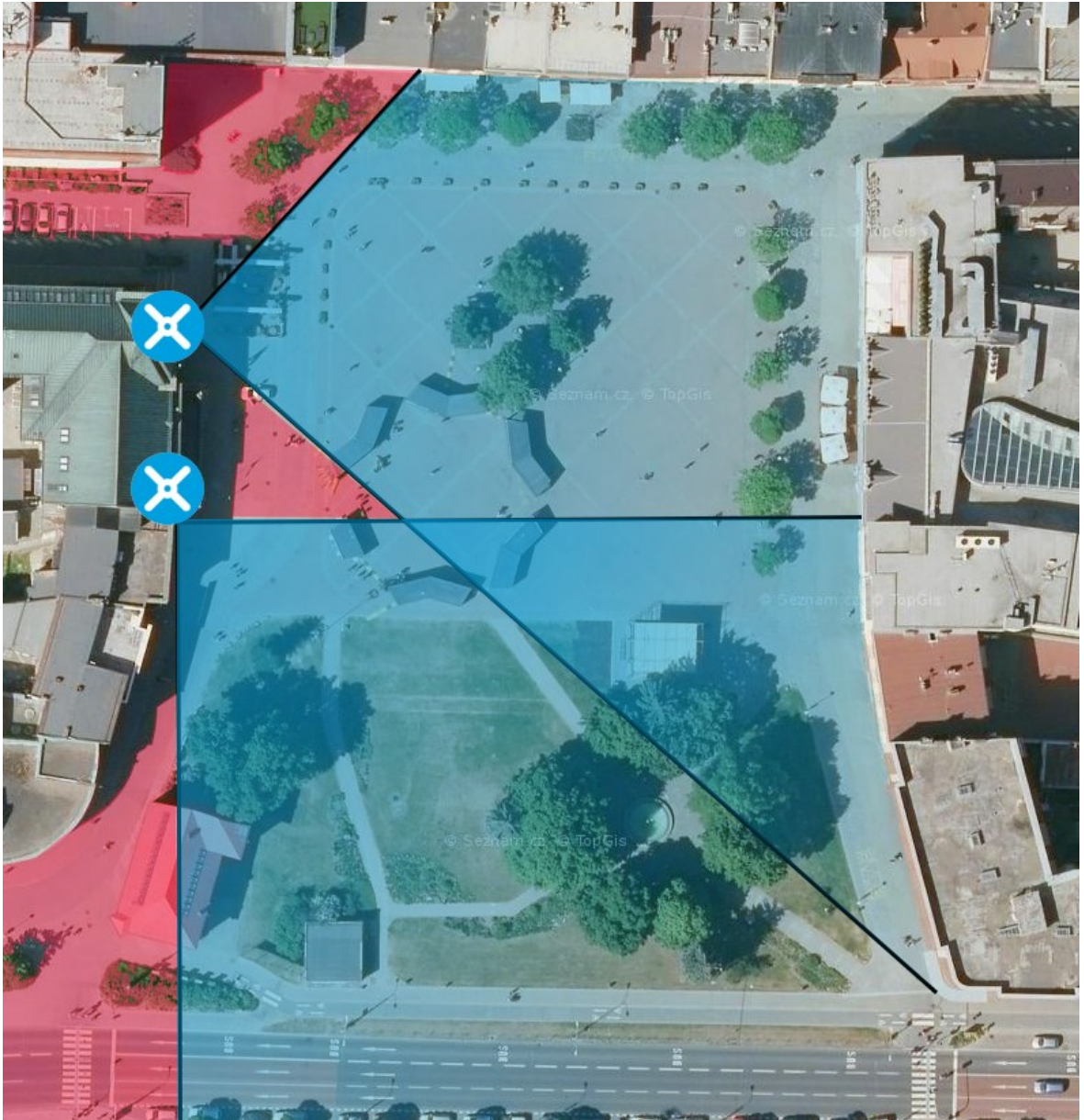
Jako objekt, na který se budou HW prvky instalovat, byla vybrána budova Magistrátu města Zlína. Jedná se o objekt, který je ve vlastnictví města a s instalací na střeše objektu by tak nebyl problém. Navíc má na náměstí příznivou polohu a HW prvky tak budou snímat maximální možnou plochu náměstí.

### 7.2.1 Multi senzory

Multi senzory mají maximální možný **úhel záběru 90°**. Návrh rozmístění Multi senzorů byl tak tvořen s ohledem na technologické možnosti senzoru se snahou maximalizovat snímanou plochu náměstí.

Na následujícím obrázku je návrh vyobrazen v grafické podobě na leteckém snímku náměstí. Dva Multi senzory reprezentují intuitivně čitelné piktogramy. Modrá barva představuje území náměstí, kterou senzory pokrývají. Nepokrytá plocha je pak znázorněna červenou barvou.





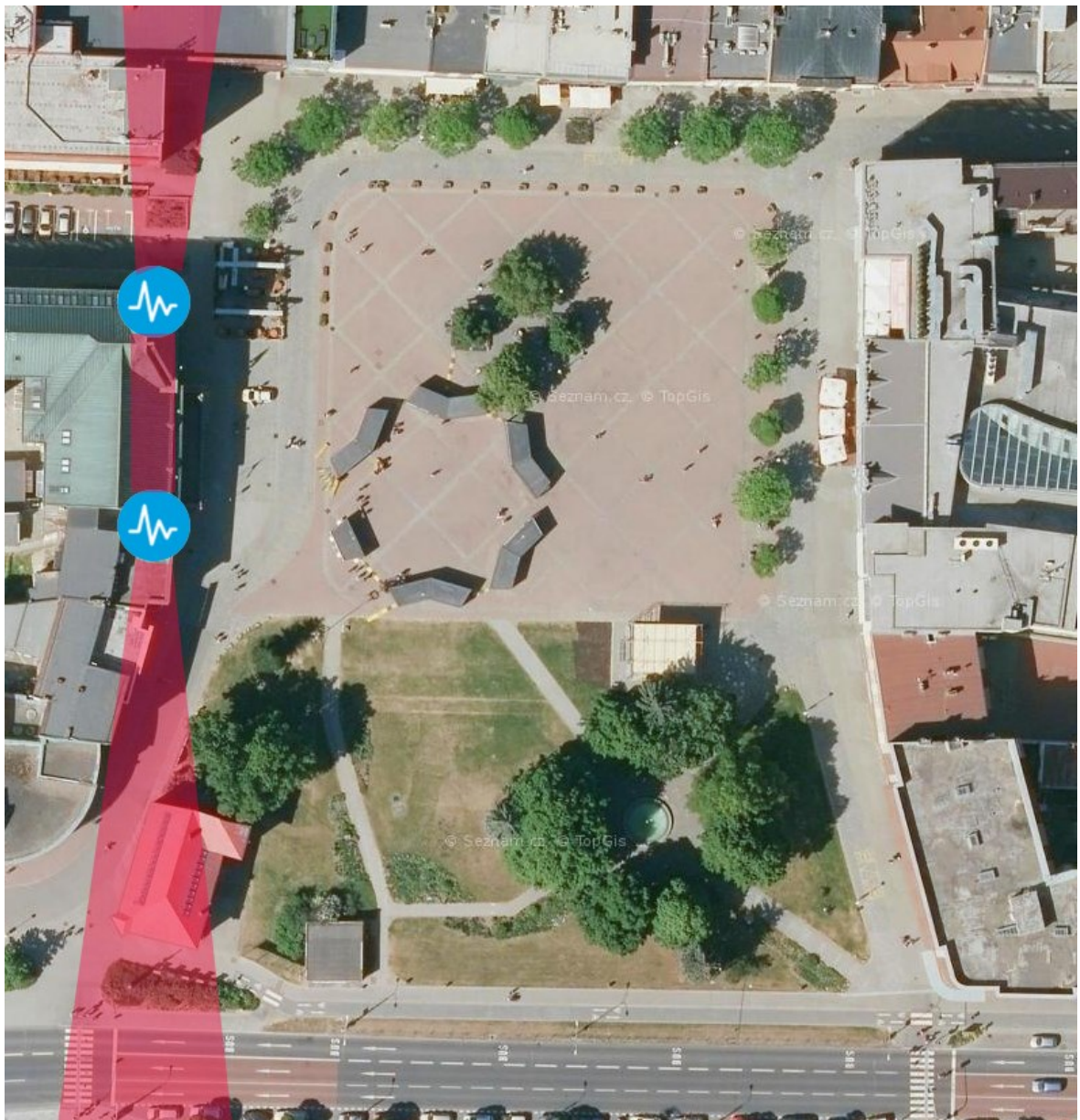
Obr. 32: Rozmístění Multisenzorů [52]

Celková plocha náměstí je přibližně  $17\,096\text{ m}^2$  (plocha zobrazená na obrázku). Navržené senzory z toho pokrývají  $14\,485\text{ m}^2$ . Jednoduchým výpočtem tedy lze zjistit, že senzory pokrývají téměř **85% území náměstí**.

### 7.2.2 RF senzory

RF senzory snímají naopak všesměrově, pokrytí pro účely detekce a odposlouchávání dronů je tedy na náměstí Míru 100% plochy.

Pro určení polohy drona na celé ploše by však byly potřeba RF senzory minimálně tři. Při použití dvou senzorů vznikají „slepá“ místa, na kterých není možné polohu drona určit. Tato slepá místa jsou vykreslena na obrázku číslo 33 červeně. Jedná se o plochy, které stejně nebudou pro útočníky zajímavé a téměř jisté, že útočník s dronem zamíří do částí náměstí, kde bude dron systémem rozpoznán. Navíc polohu většiny vyráběných dronů, je možné pomocí navrženého systému určit už z odposlouchávaných dat (GPS souřadnice drona) a určování polohy pomocí výpočtu vzdálenosti od RF senzorů tak nebude nutné spouštět často.



Obr. 33: Rozmístění RF senzorů a jejich slepé zóny pro detekci polohy drona [52]

### 7.3 Cena systému

Společnosti podobné systémy nenaceňují položkově, ale jako celek. Je to dáno tím, že ceny jednotlivých senzorů nejsou vysoké a hlavní placenou položkou je nákladný vývoj systému a složitý software. Jedná se tedy spíše o cenu licence softwaru a HW prvky celkovou cenu ovlivňují jen minimálně (v řádu desítek tisíc korun). Společnost DEDRONE tento systém naceňovala na cenu po přepočtu kursu (kurs k 20. 4. 2019) přibližně **1 800 000 Kč**. Cena zahrnovala pouze HW a SW. V HW nebyly zahrnuty síťové prvky a síťová infrastruktura, která by musela být pro HW speciálně vytvořena. Do ceny nebyly zahrnuty ani zdroje napájení. Síťové prvky určené pro přenos dat by také musely být instalovány montážní firmou, stejně jako HW prvky systému DEDRONE. Za 15 000 Kč je také možné dokoupit zaškolení pro policisty, kteří budou se systémem zacházet. Za dalších 15 000 Kč ročně lze přikoupit podporu dostupnou na telefonu 24 hodin denně. Celkově tedy bude pořizovací cena blíže **2 milionům korun**.

Za danou cenu bude město vlastnit kvalitní systém, který bude střežit náměstí míru před vletem dronů. Riziko útoku pomocí dronů se tak sníží zejména v době konání kulturních a hudebních akcí.

## 8 MOŽNOSTI PŘENOSNÉHO SYSTÉMU

Vzhledem k tomu, že je mnoho akcí konáno také mimo území náměstí Míru, je dle městské policie ve Zlíně také nutné pořízení přenosného systému. V této části budou tedy popsány požadavky, které si městská policie na systém klade. Dále bude představen navržený systém včetně jeho popisu a přibližné ceny.

### 8.1 Požadavky na přenosný systém detekce dronů

Přenosný systém by mělo být možné použít při různých koncertech, v průběhu festivalů nebo sportovních akcí. Hlavním požadavkem je možnost rychle přenášet systém na různá místa ve Zlíně. Ne všude je možné zajistit napájení ze sítě, je tedy nutné do návrhu zakomponovat i možnost napájení z baterií. Přemístění systému by také mělo být možné pomocí běžného osobního auta a systém by měl být tedy skladný.

### 8.2 Navrhované řešení

Z hlediska kompatibility a uživatelského rozhraní jsem vybral systém od stejné společnosti (Dedrone). Výběr stejných technologií zjednoduší policistům práci a sníží náklady na zaškolení systému. Systém je totiž ovládán pomocí stejného SW, jako systém navržený pro instalaci na náměstí Míru, tedy Drone trackeru. Pro městské policisty proto nebude problém pracovat s oběma systémy, protože ovládání bude velmi podobné.



Obr. 34: Navržený přenosný systém detekce dronů [51]

Vybrané řešení zahrnuje stejné senzory jako u řešení fixního. Avšak Multisenzor i RF senzor je v návrhu zastoupen pouze jednou. Na předchozím obrázku lze vidět podobu navrženého přenosného systému.

### 8.3 Prvky systému a cena systému

**Cena systému je v přepočtu 960 000 Kč.** Součástí ceny jsou následující prvky systému:

- **Přenosný kufr s integrovanou baterií** – Kufr, do kterého je možné všechny komponenty složit a umožnit tak jednoduchý přenos systému na jiné místo. Kufr obsahuje vestavěnou baterii s kapacitou 36 Ah. Doba nabíjení baterie je 5,5 hodin. Váha kufru včetně příslušenství je 31 Kg a rozměry jsou pouze 687 mm x 528 mm x 366 mm (délka x šířka x hloubka). Požadovaná přenositelnost je tedy zajištěna stejně jako možnost systém napájet z baterií.
- **2 x trojnožka** – Součástí balení jsou i dvě trojnožky, na které je možné upevnit Multisenzor s RF senzorem. Trojnožka je skládací a po složení se vejde spolu s ostatními komponenty do zmíněného kufru.
- **Nabíječka baterie**
- **Kabeláž**
- **Licence pro provoz SW**

### 8.4 Závěrečné zhodnocení přenosného systému

Navržený systém splňuje požadované parametry městskou policií ve Zlíně. Na rozdíl od fixního řešení jej lze přesouvat, avšak má také mnoho nevýhod.

Pro splnění možnosti systém přesouvat není možné systém osadit redundantními prvky a v některých případech tak nebude možné určit přesnou polohu drona. Místa, kde jsou akce konány, nebývají často tak „otevřená“ jako náměstí Míru. V místech, jako jsou například městské parky, kde probíhá mnoho kulturních akcí, bude problém s vizuální detekcí dronů. Nachází se tam totiž mnoho stromů a různých překážek, které budou detekci znemožňovat.

Obecně lze tedy říci, že jsou přenosné systémy velmi variabilní. Není je však možné použít kdekoli. Na rozdíl od fixních systémů je zde také větší riziko, že nebude daný dron detekován vůbec.

## 9 ETA ANALÝZA NÁVRHU FIXNÍHO SYSTÉMU PRO NÁMĚSTÍ MÍRU VE ZLÍNĚ

Pro ověření vlivu navrženého fixního systému na bezpečnost je v diplomové práci zpracována také ETA analýza (event tree analysis). Pomocí analýzy stromu událostí je možné vyhodnotit průběh procesu vedoucího k možnému útoku dronem. Výsledkem jsou možné události a pravděpodobnost s jakou mohou události nastat.

Pro analýzu byl vybrán fixní systém navržený pro použití na náměstí Míru ve Zlíně.

Nejprve je vytvořena analýza průběhu událostí bez systému detekce dronů. Následně je zpracována analýza průběhu událostí po aplikaci systému detekce dronů. Rozdíly výsledků obou ETA analýz jsou porovnány, analyzovány, popsány a zdůvodněny.

Vybrán byl jeden z nejnebezpečnějších scénářů – **Útok pomocí drona s výbušninou.**

Pro účely hodnocení závažnosti nastalé události byly kategorizovány počty obětí. Kategorie jsou uvedeny v následující tabulce.

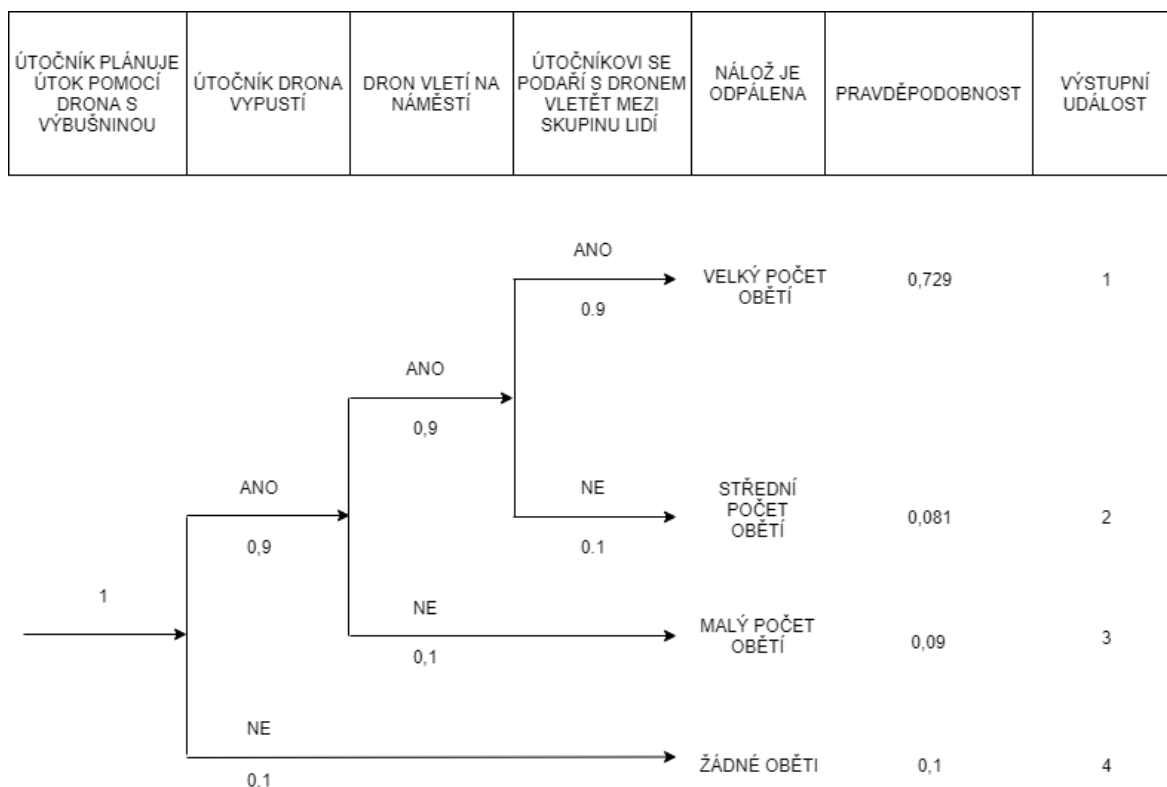
Tab. 7: Kategorizace počtů obětí [zdroj: autor]

Název	Počet obětí
Velký počet obětí	101 a více
Střední počet obětí	11 až 100
Malý počet obětí	1 až 10
Žádné oběti	0

V rámci každé ETA analýzy je uvedena i jednoduchá tabulka shrnující informace z diagramu a popis jednotlivých událostí. Poslední částí kapitoly je grafické porovnání výsledků z obou analýz.

### 9.1.1 Před zavedením systému detekce dronů

V následujícím diagramu lze pozorovat průběh procesu vedoucího k útoku dronem za předpokladu, že na náměstí Míru ve Zlíně není instalován žádný systém detekce dronů. V horní části diagramu jsou znázorněny názvy částí procesu a pod názvy ve stromu událostí jsou expertním odhadem určeny pravděpodobnosti. Následně je také expertním odhadem určen počet obětí a spočítána celková pravděpodobnost nastalého jevu.



Obr. 35: ETA analýza útoku před zavedením systému detekce dronů [zdroj: autor]

V tabulce číslo 8 jsou pak události popsány a následně je k nim přiřazena výsledná pravděpodobnost v procentech. Z tabulky vyplývá, že s největší pravděpodobností nastane událost číslo 1 – útočník drona vypustí, dron vletí na náměstí, podaří se mu vletět i mezi skupinu lidí a odpálí nálož. Nejméně pravděpodobné je, že drona vůbec nevypustí.

Tab. 8: Popis událostí a pravděpodobnost před zavedením systému [zdroj: autor]

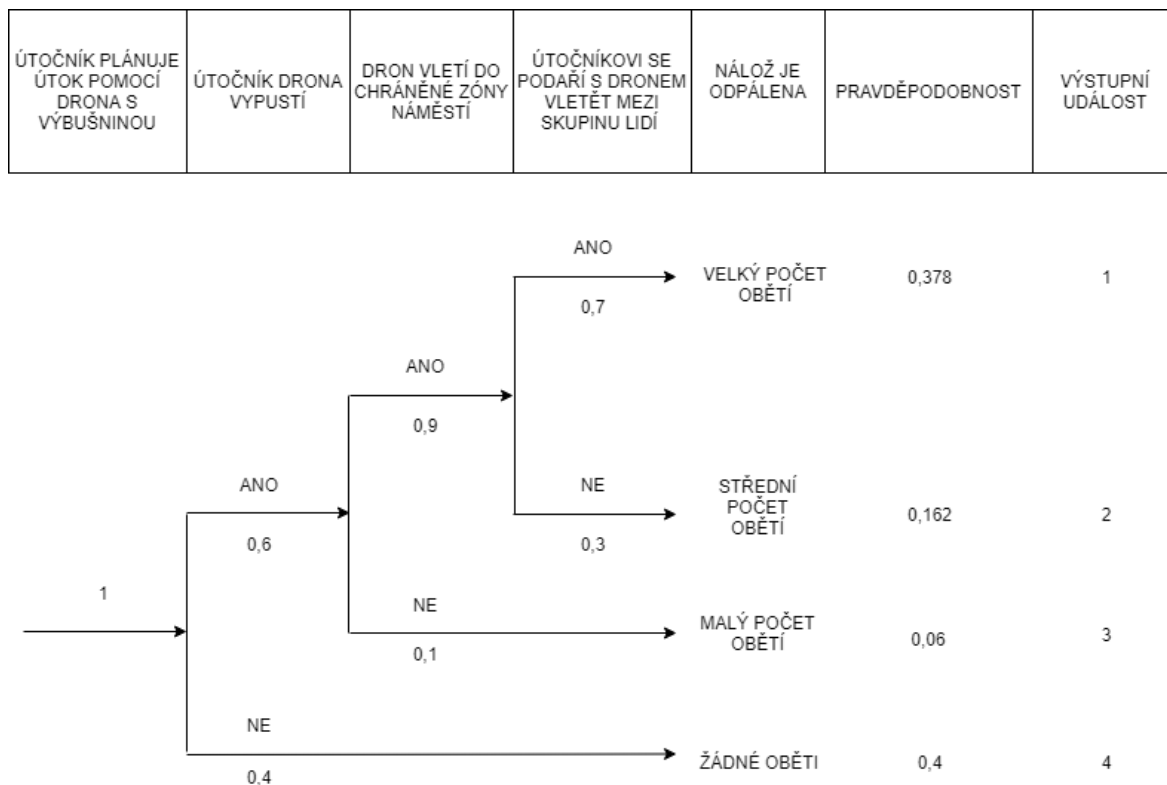
ČÍSLO	P	POPIS UDÁLOSTÍ	P %
1	0,729	Útočník drona vypustí, dron vletí na náměstí, podaří se mu vletět i mezi skupinu lidí a nálož je odpálena	72,90%
2	0,081	Útočník drona vypustí, dron vletí do chráněné zóny, ale nepodaří se mu vletět mezi skupinu lidí a nálož odpálí	8,10%
3	0,09	Útočník drona vypustí, dron nedoletí až na náměstí a nálož je odpálena mimo náměstí	9,00%
4	0,1	Útočník drona nevypustí	10,00%

Lze předpokládat, že riziko vzniku události č. 1 bude výrazně ovlivněno právě instalací systému určeného na detekci a identifikaci dronů. Náměstí je tedy velmi ohroženo vnikem takové události.



9.1.2 Po zavedení systému detekce dronů

Po zavedení systému detekce drona je však situace jiná. Na diagramu níže lze vidět, že se nejpravděpodobnější událostí stalo, že útočník drona vůbec nevypustí. Za předpokladu, že drona nevypustí, nebudou také žádné oběti.



Obr. 36: ETA analýza útoku po zavedení systému detekce dronů [zdroj: autor]

Zásadní roli hraje skutečnost, že útočník při plánování útoku zaznamená instalovaný systém, útok si může rozmyslet a drona vypustí s menší pravděpodobností. Detekční systém totiž, jak už bylo zmíněno, poskytuje mnoho informací, kterými je možné pilota identifikovat a to včetně polohy pilota. Tento fakt by mohl útočníka odradit, jelikož by mohl být rychle dopaden.

Dále se zmenšila pravděpodobnost, že se útočníkovi podaří vletět do skupiny lidí před tím, než mu útok policie překazí. V takovém případě by došlo k výbuchu na místě, kde se nachází méně lidí a klesl by počet obětí. Všechny zaznamenané změny lze pozorovat i v tabulce číslo 9.

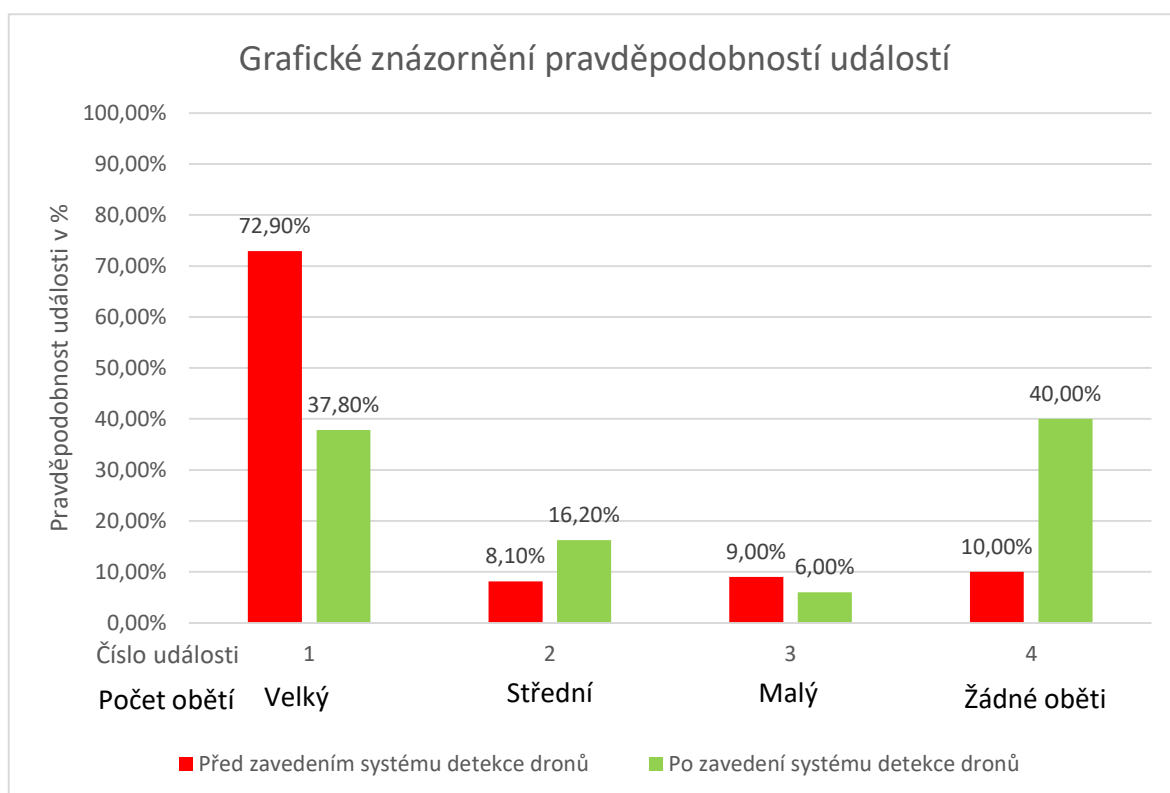
Tab. 9: Popis událostí a pravděpodobnost po zavedení systému [zdroj: autor]

ČÍSLO	P	POPIS UDÁLOSTÍ	P %
1	0,378	Útočník drona vypustí, dron vletí do chráněné zóny, podaří se mu vletět i mezi skupinu lidí a nálož je odpálena	37,80%
2	0,162	Útočník drona vypustí, dron vletí do chráněné zóny, ale nepodaří se mu vletět mezi skupinu lidí a nálož odpálí	16,20%
3	0,06	Útočník drona vypustí, dron nedoletí až na náměstí a nálož je odpálena mimo náměstí	6,00%
4	0,4	Útočník drona nevypustí	40,00%

Z tabulky vyplívá, že se výrazně snížila pravděpodobnost události č. 1 (útočník drona vypustí, dron vletí do chráněné zóny, podaří se mu vletět i mezi skupinu lidí a nálož je odpálena) a zároveň se výrazně zvýšila pravděpodobnost, že nastane událost č. 4 (útočník drona vůbec nevypustí).

### 9.1.3 Vyhodnocení

Z výsledných hodnot obou analýz byl vytvořen graf, který znázorňuje skutečnost, že instalace systému detekce dronů na náměstí Míru ve Zlíně by v případě plánovaného útoku dronem s výbušninou výrazně snížila pravděpodobnost, že nastane událost 1, při které by byl velký počet obětí. Zároveň by se výrazně zvýšila pravděpodobnost výskytu události 4, při které by nebyly žádné oběti.



Obr. 37: Vyhodnocení výsledků z ETA analýz [zdroj: autor]

Lze tedy jednoznačně tvrdit, že instalace systému určeného pro detekci dronů na náměstí Míru ve Zlíně by měla pozitivní vliv na bezpečnost a snížení rizik spojených s masovým užíváním dronů.

Z praktické části práce tedy vyplývá, že technologie pro zneškodnění dronů existují, bude je ale třeba zasadit do právního rámce. Dále bude nutné tyto technologie více zdokonalit, jelikož jejich použití může nést jistá bezpečnostní rizika.

Žádná rizika se neobjevují při nasazení pouze detekčního a identifikačního pasivního systému. Důkazem vhodnosti použití těchto systémů jsou výsledky z ETA analýzy útoku dronem na veřejné místo chráněné právě zmíněným systémem.

## ZÁVĚR

Dnešní legislativa související s provozováním dronů (zejména doplněk x) je formulována velmi složitě a pro běžného amatérského uživatele drona je náročné se v pravidlech vyznat. Technologie se navíc posouvají rychlým tempem dopředu a právní rámec za technologiemi zaostává.

Z těchto důvodů bude nutné s výhledem do roku 2030 právní rámec spojený s užíváním dronů pozměnit tak, aby jednoznačně definoval pravidla (mnoho formulací v dnešní legislativě je nejednoznačných), byl jednoduše čitelný i pro běžné občany a odrážel aktuální technologické novinky.

Používání dronů se stalo hitem a kupuje si je stále více lidí. Dokazují to prodejní statistiky, které jsou v diplomové práci představeny. S narůstajícím počtem užívaných dronů a s jejich snadnou dostupností však budou vnikat mnohá rizika.

Bude přibývat případů narušení soukromí obyvatel, piloti budou častěji prostřednictvím dronů útočit na letiště, útočníci budou také drony používat k poškození zdraví a usmrcení obyvatel a pašeráci objeví nový způsob pašování drog pomocí dronů.

Existují sice metody, jak tato rizika snížit a drona detekovat nebo zneškodnit. Mnoho technologií určených na zneškodnění dronů ale „balancuje“ na hraně dnešní legislativy a na veřejných místech s velkou koncentrací lidí jsou často nepoužitelné. S výhledem do roku 2030 bude proto nutné investovat do nových technologií, které umožní drona zneškodnit bezpečně.

V dnešní době je nejlepším způsobem, jak snížit rizika spojená s masovým užíváním dronů na veřejných místech instalace pasivního detekčního systému. Systémy mohou být buď fixní nebo přenosné a kromě detekce dronů umožňují drona identifikovat, určit jeho polohu a získají také polohu pilota. Pro rychlou reakci policie ale bude s výhledem do roku 2030 nutné nasazení zmíněných technologií určených ke zneškodňování dronů.

Skutečnost, že instalace systému pro detekci a identifikaci drona výrazně snižuje rizika útoku je v diplomové práci potvrzena porovnáním výsledků ETA analýzy útoku dronem s výbušninou před zavedením systému s výsledky ETA analýzy útoku dronem po zavedení systému detekce drona.

Konkrétní návrh systému pro detekci dronů na náměstí Míru ve Zlíně bude sloužit jako podklad pro budoucí řešení, které městská policie Zlín hodlá nakoupit a používat.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [3] The History Of Drones (Drone History Timeline From 1849 To 2019) *DRONETHUSIAST* [online]. Kansas City, Missouri, Spojené státy americké: DRONETHUSIAST [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.dronethusiast.com/history-of-drones/>
- [2] Bombs over Venice. *History Today* [online]. London, United Kingdom: History Today [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.historytoday.com/archive/bombs-over-venice>
- [3] The history of drones in 10 milestones. *Digital Trends* [online]. London, United Kingdom: Digital Trends, 2018, 09.11.18 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.digital-trends.com/cool-tech/history-of-drones/>
- [4] BÜCHI, Roland. *Fascination Quadrocopter*. Books On Demand, 2011. ISBN 9783842367319.
- [5] KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. *Drony*. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 9788025146804.
- [6] DE HAVILLAND DH82B QUEEN BEE. *De HAVILLAND AIRCRAFT MUSEUM* [online]. London, United Kingdom: de HAVILLAND AIRCRAFT MUSEUM [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.dehavillandmuseum.co.uk/aircraft/de-havilland-dh82b-queen-bee/>
- [7] Rise of the Reapers: A brief history of drones. *Drone Wars UK* [online]. London, United Kingdom: Drone Wars UK, 2014, 6.10.2014 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://drone-wars.net/2014/10/06/rise-of-the-reapers-a-brief-history-of-drones/>
- [8] How the MQ-9 Reaper Works: A Brief History of UAVs. *HowStuffWorks* [online]. Atlanta, Spojené Státy Americké: HowStuffWorks [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/reaper1.htm>
- [9] How the Predator UAV Works. *Howstuffworks* [online]. Atlanta, Spojené Státy Americké: howstuffworks [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/predator.htm>
- [10] THE \$40,000 NANO DRONE USED BY BRITISH, GERMAN AND NORWEGIAN ARMY. *DroningON* [online]. DroningON, 2017, 1.6.2017 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.droningon.co/2017/06/01/flir-pd-100-40k-nano-reconnaissance-drone/>

- [11] BARČÁK, Petr. *Moderní bezpilotní prostředky logistiky a kybernetický prostor jejich bezpečnosti*. Zlín, 2017. Bakalářská Práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Jiří Dvořák.
- [12] ROBOTICS AND AUTONOMOUS SYSTEMS: Army to Acquire New Nano Drones. *National Defense* [online]. Arlington, Spojené Státy Americké: Sonja Jordan, 2018, 6.11.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/6/11/army-to-acquire-new-nano-drones>
- [13] Parrot AR.Drones specs: ARM9. *DIY DRONES* [online]. Chris Anderson, 2010, 6.2.2010 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://diydrones.com/profiles/blogs/parrot-ardrones-specs-arm9>
- [14] PARROT AR. DRONE 2.0 (ORANGE & BLUE). *SPACE CITY DRONES* [online]. SPACE CITY DRONES [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.spacecitydrones.com/products/parrot-ar-drone-2-0-orange-blue>
- [15] AR.Drone coming to Android, gets new multiplayer games. *Ars TECHNICA* [online]. ars TECHNICA, 2011, 6.8.2011 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/gaming/2011/06/ardrone-coming-to-android-gets-new-multiplayer-games/>
- [16] Jeff Bezos was wrong when he predicted Amazon will be making drone deliveries by 2018. *BUSINESS INSIDER* [online]. BUSINESS INSIDER, 2018, 3.12.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/jeff-bezos-predicted-amazon-would-be-making-drone-deliveries-by-2018-2018-12>
- [17] DJI Phantom 1 vs Phantom 2: What Is the Difference?. *DRONEBLY* [online]. Mike Gortolev, 2014, 31.7.2014 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://dronebly.com/dji-phantom-2-vs-phantom-1-what-is-the-difference>
- [18] The story of drone pioneer DJI. *Abacus* [online]. Karen Chiu, 2018, 2.11.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.abacusnews.com/whois-what/dji-dominates-world-drones/article/2128689>
- [19] Drones. *Military.com* [online]. Military.com [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.abacusnews.com/whois-what/dji-dominates-world-drones/article/2128689>
- [20] Drony a IZS. *DronySIT* [online]. Plzeň, Česká republika: DronySIT [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://dronysitmp.cz/sluzby/izs-a-krizove-rizeni/>

- [21] EOS Fixed Wing Mini-UAV Drone. *UST UNNAMED SYSTEM TECHNOLOGY* [online]. UST UNNAMED SYSTEM TECHNOLOGY [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/company/thread-systems/eos-fixed-wing-mini-uav-drone/>
- [22] AGRAS MG-1P SERIES. *DJI.com* [online]. DJI.com [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://www.dji.com/cz/mg-1p?site=brandsite&from=landing\\_page](https://www.dji.com/cz/mg-1p?site=brandsite&from=landing_page)
- [23] ARJOMANDI, MAIZAR. *Classification of Unmanned Aerial Vehicles*. Adelaide, 2007. Akademická práce. The University of Adelaide.
- [24] ČESKÁ REPUBLIKA. *Doplněk X*. In: . Praha: Úřad pro civilní letectví, 2016, číslo 6.
- [25] GordVE RC Drone Foldable Flight Path FPV VR Wifi RC Quadcopter 2.4GHz 6-Axis Gyro Remote Control Drone with 720P HD 2MP Camera Drone. *Amazon* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/GordVE-Foldable-Flight-Quadcopter-Control/dp/B073WCHCLD>
- [26] 12 Top Collision Avoidance Drones And Obstacle Detection Explained. *DroneZon* [online]. Fintan Corrigan, 2018, 28.12.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/top-drones-with-obstacle-detection-collision-avoidance-sensors-explained/>
- [27] Ghost Drone Virtual Reality Vision with VR Glasses. *GROUPON* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.groupon.co.uk/deals/ghost-drone-virtual-reality-vision-with-vr-glasses-4>
- [28] Podle kterého předpisu se řídí provoz bezpilotních letadel / systémů?. *ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ* [online]. Praha: ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube/proc-byly-pozadavky-na-ua-stanoveny-a-podle-ktereho-predpisu>
- [29] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zpracování osobních údajů prostřednictvím záznamu z kamer, kterými jsou vybavena bezpilotní letadla*. In: . Praha, 2013, 1/2013.
- [30] *Aisview* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://aisview.rlp.cz/>
- [31] Letadla bez pilota na palubě. *ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube>

- [32] *Seznam provozovatelů LP / LČPVP bezpilotními letadly*. In: . Praha: Úřad pro civilní letectví, 2018. Dostupné také z: <http://www.caa.cz/file/7239>
- [33] Worldwide Drone Incidents. *DEDRONE* [online]. Dedrone [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://www.dedrone.com/resources/incidents/all?291d05c4\\_page=4](https://www.dedrone.com/resources/incidents/all?291d05c4_page=4)
- [34] Přelet dronu obral britské letiště o čtvrtinu loňského růstu. *IDNES.cz* [online]. IDNES, 2019, 16.1.2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/dron-gatwick-incident-skody-letiste-velka-britanie.A190116\\_144929\\_eko-doprava\\_fih](https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/dron-gatwick-incident-skody-letiste-velka-britanie.A190116_144929_eko-doprava_fih)
- [35] Neznámé drony zastavily provoz na letišti Gatwick. Jde o záměr, říká policie Zdroj: [https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/gatwick-letiste-provoz-preruseni-londyn.A181220\\_080119\\_zahranicni\\_remy](https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/gatwick-letiste-provoz-preruseni-londyn.A181220_080119_zahranicni_remy). *IDNES.cz* [online]. IDNES, 2018, 20.12.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/gatwick-letiste-provoz-preruseni-londyn.A181220\\_080119\\_zahranicni\\_remy](https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/gatwick-letiste-provoz-preruseni-londyn.A181220_080119_zahranicni_remy)
- [36] Drone flies over Macron's holiday home in wake of Maduro 'attack'. *THE LOCAL* [online]. THE LOCAL, 2018, 20.12.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.thelocal.fr/20180807/drone-flies-over-macrons-holiday-home-in-wake-of-maduro-attack>
- [37] Father Knocked Down an Unwelcome Drone. *ICENEWS* [online]. ICENEWS, 2018, 19.1.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.icenews.is/2018/01/19/father-knocked-down-an-unwelcome-drone/#axzz54espTAHE>
- [38] Drone voyeur live streams women. *CHINAFILMINSIDER* [online]. CHINAFILMINSIDER, 2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [http://chinafilminsider.com/drone-voyeur-live-streams-women-outside-homes/?utm\\_source=China+Film+Insider+Newsletter+Update&utm\\_campaign=faff35960b-Daily\\_Newsletter\\_07102017&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_9a066b9dc2-faff35960b-226704029](http://chinafilminsider.com/drone-voyeur-live-streams-women-outside-homes/?utm_source=China+Film+Insider+Newsletter+Update&utm_campaign=faff35960b-Daily_Newsletter_07102017&utm_medium=email&utm_term=0_9a066b9dc2-faff35960b-226704029)
- [39] Venezuelský prezident Maduro se stal terčem útoku dronů, vyvázl bez úhony. *NOVINKY.cz* [online]. NOVINKY.cz, 2018, 5.8.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/zahranicni/amerika/479761-venezuelsky-prezident-maduro-se-stal-tercem-utoku-dronu-vyvazl-bez-uhony.html>



- [40] Drone strikes Iowa toddler on playground. NEWS CHANEL 13 [online]. NEWS CHANEL 13, 2018, 30.7.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://wnyt.com/news/drone-strikes-toddler-on-playground-iowa/5010493/>
- [41] Lawsuit: Woman injured in face by drone at Vegas casino light show. EYEWITNESS NEWS [online]. EYEWITNESS NEWS, 2018, 23.8.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://abc7.com/lawsuit-woman-injured-by-drone-at-vegas-casino-party/4034891/>
- [42] Perth Prison drug smugglers filmed themselves on drone camera. BBC NEWS [online]. BBC NEWS, 2018, 3.11.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/uk-scotland-tayside-central-45731642>
- [43] Gang who flew drones carrying drugs into prisons jailed. BBC NEWS [online]. BBC NEWS, 2018, 26.11.2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/uk-england-45980560>
- [44] V Mexiku se zřítíl narkodron, který nesl dvě a půl kila metamfetaminu Zdroj: [https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/paserakum-drog-spadl-u-hranic-s-usa-dron-preplneny-metamfetaminem.A150122\\_162303\\_zahranicni\\_fer](https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/paserakum-drog-spadl-u-hranic-s-usa-dron-preplneny-metamfetaminem.A150122_162303_zahranicni_fer). IDNES [online]. IDNES, 2015, 22.1.2015 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/paserakum-drog-spadl-u-hranic-s-usa-dron-preplneny-metamfetaminem.A150122\\_162303\\_zahranicni\\_fer](https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/paserakum-drog-spadl-u-hranic-s-usa-dron-preplneny-metamfetaminem.A150122_162303_zahranicni_fer)
- [45] Paladyne Electronic Countermeasures - Drone Jamming [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.dronedefence.co.uk/products/paladyne-e1000mp/>
- [46] Dutch firm trains eagles to take down high-tech prey: drones. CLICK ITTEFAQ [online]. CLICK ITTEFAQ, 2016, 29.3.2016 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.clickittefaq.com/dutch-firm-trains-eagles-take-high-tech-prey-drones/>
- [47] The NetGun X1. DRONEDEFENCE [online]. DRONEDEFENCE [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.dronedefence.co.uk/products/netgun-x1/>
- [48] JAPAN'S NEW DEFENSE AGAINST DRONE TERROR IS BASICALLY JUST A DRONE WITH A NET. MAXIM [online]. MAXIM, 2015, 16.12.2015 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.maxim.com/news/japan-drone-nets-2015-12>
- [49] Featured Videos. DEDRONE [online]. DEDRONE [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.dedrone.com/products/videos>

[50] Videos. DEDRONE [online]. DEDRONE [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.dedrone.com/products/videos>

[51] TOTAL AIRSPACE SECURITY. DEDRONE [online]. DEDRONE [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.akbateknoloji.com/wp-content/uploads/2017/04/akba-drone-tracker-presentation-2017.pdf>

[52] Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. Mapy.cz [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://mapy.cz>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

UAV	Bezpilotní letadlo
CES	Consumer Electronics Show – Veletrh konsumní elektroniky v Las Vegas
Wi-Fi	Protokol, na kterém dron komunikuje s vysílačkou
FPV	Technologie ovládání drona prostřednictvím obrazovky
VR	Technologie používající virtuální realitu
LIS	Letecká informační služba
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
ID	Identifikační číslo drona
CTR	Řízený okrsek letiště
ATZ	Letiště s neřízeným provozem
CHKO	Chránění krajinná oblast
TRA	Dočasně rezervovaný vzdušný prostor
TSA	Dočasně vyhrazený vzdušný prostor
5G	Sítě páté generace
SW	Software
HW	Hardware
AI	Umělá inteligence
EMP	Elektromagnetický puls

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Bombardovací balóny .....	11
Obr. 2: Model první kvadrokoptéry .....	12
Obr. 3: Queen Bee .....	12
Obr. 4: Predator .....	14
Obr. 5: Vojenský nano dron .....	14
Obr. 6: Dron Parrot .....	15
Obr. 7: Dron nesoucí zásilku .....	16
Obr. 8: Dron DJI Phantom .....	16
Obr. 9: Dron s konstrukcí letounu .....	20
Obr. 10: Oktokoptéra .....	21
Obr. 11: Dron s technologií FPV .....	24
Obr. 12: Rozmístění senzorů .....	25
Obr. 13: Ovládání drona pomocí VR brýlí .....	26
Obr. 14: Zóny s omezením .....	32
Obr. 15: Screenshot detailu oblasti Vrbetic .....	32
Obr. 16: postup získání povolení k létání s dronem .....	35
Obr. 17: Počet prodaných kusů dronů společností T. S. BOHEMIA a.s. ....	36
Obr. 18: Záznam v seznamu provozovatelů dronů .....	37
Obr. 19: Počet vydaných povolení k létání .....	37
Obr. 20: Žádosti o povolení k provozování leteckých prací a vydaná povolení .....	38
Obr. 21: Bezpečnostní incidenty ve světě .....	40
Obr. 22: Zranění dítěte po střetu s dronem .....	50
Obr. 23: Zranění ženy po střetu s dronem .....	50
Obr. 24: Dron pašující drogy .....	54
Obr. 25: Drone jammer .....	60
Obr. 26: Ptačí dravec útočící na drona .....	61
Obr. 27: Zbraň vystřelující síť na drona .....	62
Obr. 28: Dron zneškodňující drona .....	63
Obr. 29: Drone tracker .....	68
Obr. 30: Multisenzor .....	69
Obr. 31: RF senzor .....	70
Obr. 32: Rozmístění Multisenzorů .....	72

---

Obr. 33: Rozmístění RF senzorů a jejich slepé zóny pro detekci polohy drona .....	73
Obr. 34: Navržený přenosný systém detekce dronů .....	75
Obr. 35: ETA analýza útoku před zavedením systému detekce dronů.....	78
Obr. 36: ETA analýza útoku po zavedení systému detekce dronů.....	80
Obr. 37: Vyhodnocení výsledků z ETA analýz .....	82

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1: Bodování parametrů .....	42
Tab. 2: Vliv technologického vývoje na bezpečnost vzdušného prostoru .....	43
Tab. 3: Vliv technologického vývoje na narušení soukromí obyvatel .....	47
Tab. 4: Vliv technologického vývoje na ohrožování zdraví obyvatel .....	51
Tab. 5: Vliv technologického vývoje na pašování drog .....	55
Tab. 6: Shrnutí technologických hybných sil .....	57
Tab. 7: Kategorizace počtů obětí .....	77
Tab. 8: Popis událostí a pravděpodobnost před zavedením systému.....	79
Tab. 9: Popis událostí a pravděpodobnost po zavedení systému .....	81